

# Para comprender La Tierra



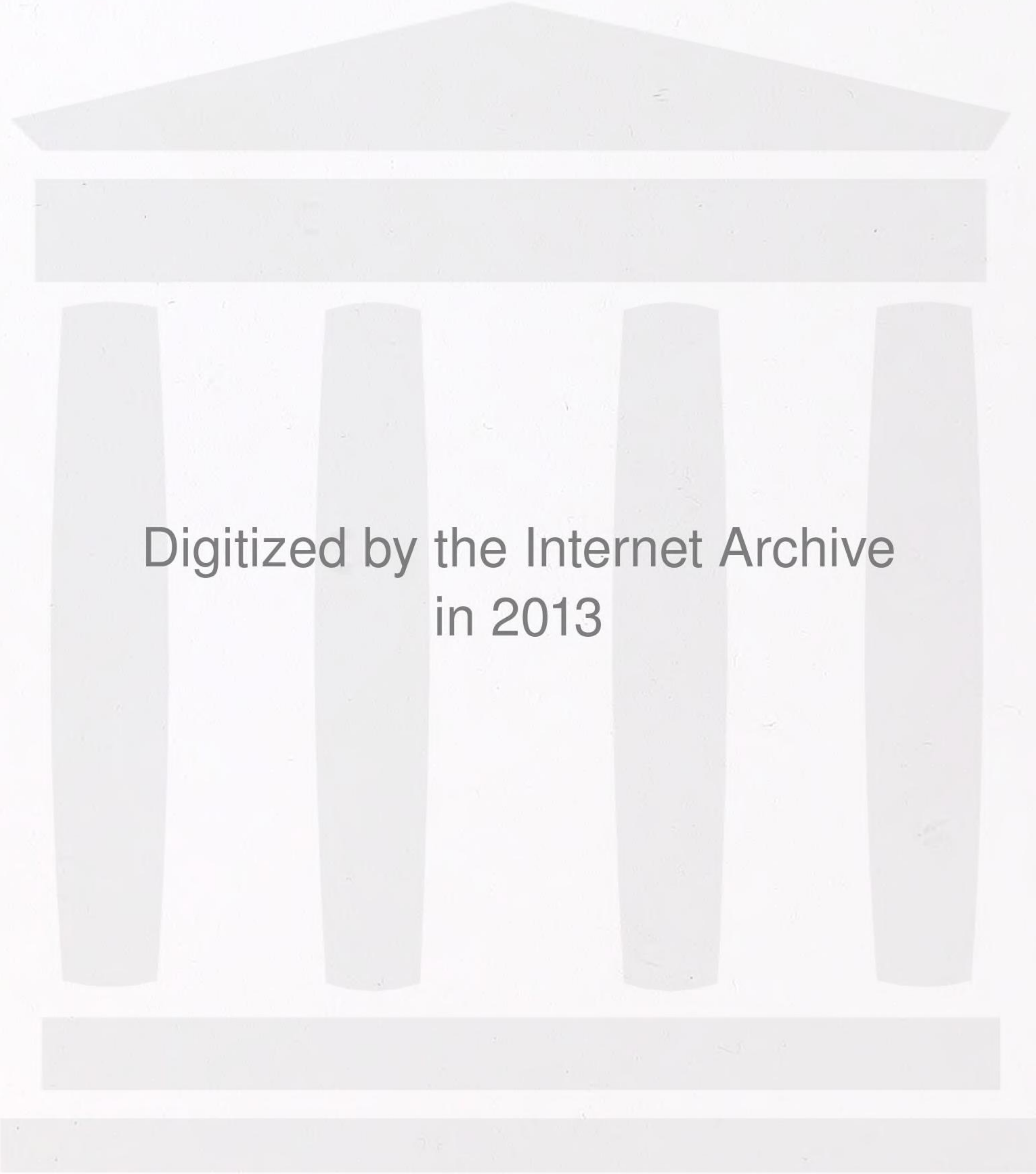












Digitized by the Internet Archive  
in 2013



Para comprender  
la **Tierra**



|                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Editor</b>                      | Jacques Fortin                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Director editorial</b>          | François Fortin                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Editor ejecutivo</b>            | Serge D'Amico                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Editor de ilustraciones</b>     | Marc Lalumière                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Director artístico</b>          | Rielle Lévesque                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Diseño gráfico</b>              | Anne Tremblay                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Escritores</b>                  | Nathalie Fredette<br>Stéphane Batigne<br>Josée Bourbonnière<br>Claude Lafleur<br>Agence Science-Pressé                                                                                                                                                                                   |
| <b>Traducción</b>                  | Adriana de la Torre Fernández                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Artistas gráficos digitales</b> | Jean-Yves Ahern<br>Maxime Bigras<br>Patrice Blais<br>Yan Bohler<br>Mélanie Boivin<br>Charles Campeau<br>Jocelyn Gardner<br>Jonathan Jacques<br>Alain Lemire<br>Raymond Martin<br>Nicolas Oroc<br>Carl Pelletier<br>Simon Pelletier<br>Frédérick Simard<br>Mamadou Togola<br>Yan Tremblay |
| <b>Formador</b>                    | Lucie Mc Brearty<br>Véronique Boisvert<br>Geneviève Thérout Béliveau                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Investigación</b>               | Anne-Marie Villeneuve<br>Anne-Marie Brault<br>Kathleen Wynd<br>Jessie Daigle                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Revisión de la Tierra</b>       | Michèle Fréchet<br>Jafar Arkani-Hamed                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Producción</b>                  | Mac Thien Nguyen Hoang                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Preprensa</b>                   | Tony O'Riley                                                                                                                                                                                                                                                                             |

Publicado originalmente en inglés por QA International, Canadá



**QA International**

329, rue de la Commune Ouest, 3<sup>e</sup> étage  
Montréal (Québec) H2Y 2E1 Canada  
**T** 514.499.3000 **F** 514.499.3010

Copyright © 2002 QA International

Todos los derechos reservados.

Título original: *Understanding the Earth*

Editado en México, en 2002, por

Publicaciones Citem, S.A. de C.V.,

Av. del Cristo # 101 Col. Xocoyahualco

Tlalnepantla, estado de México 54080

Tel. 5238-0200 Fax 5238-0248

ISBN 970-656-647-3

Impreso en Eslovaquia

Ninguna parte de este libro puede ser reproducida o transmitida de ninguna forma o en ningún medio, electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia y grabación, o en ningún sistema de almacenamiento y recuperación, sin permiso escrito del Editor.



# Para comprender la Tierra



# Tabla de



|    |                               |
|----|-------------------------------|
| 28 | Tipos de rocas                |
| 26 | El ciclo de vida de las rocas |
| 24 | Formas minerales              |
| 22 | Los minerales                 |
| 20 | Geomagnetismo                 |
| 18 | Adentro de la Tierra          |

|    |                            |
|----|----------------------------|
| 68 | Las mareas                 |
| 66 | Tsunamis                   |
| 64 | Olas                       |
| 62 | Corrientes oceánicas       |
| 60 | Fosas y dorsales oceánicas |
| 58 | El fondo marino            |
| 56 | El océano del mundo        |
| 54 | Ríos y lagos del mundo     |
| 52 | Cursos de agua             |

|                                  |                                        |                                    |                           |
|----------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| <b>6   Historia de la Tierra</b> | <b>16   La estructura de la Tierra</b> | <b>30   Tectónica y vulcanismo</b> | <b>50   Aguas y mares</b> |
|----------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|

|    |                                           |
|----|-------------------------------------------|
| 8  | La formación de la Tierra                 |
| 10 | La escala geológica de tiempo             |
| 12 | Surge la vida en los continentes          |
| 14 | Nuestro conocimiento del tiempo geológico |

|    |                       |
|----|-----------------------|
| 32 | Tectónica de placas   |
| 34 | El destino de Pangea  |
| 36 | Deriva continental    |
| 38 | Volcanes              |
| 40 | Vulcanismo            |
| 42 | Erupciones volcánicas |
| 43 | Zonas calientes       |
| 44 | Géiseres              |
| 46 | Terremotos            |
| 48 | Ondas sísmicas        |



# contenido



|    |                             |                                         |
|----|-----------------------------|-----------------------------------------|
| 87 | Icebergs                    |                                         |
| 86 | Erosión glacial             |                                         |
| 84 | Glaciares                   |                                         |
| 82 | Configuración de las costas |                                         |
| 80 | Montañas del mundo          |                                         |
| 78 | Cómo se forman las montañas |                                         |
| 76 | Cuevas                      |                                         |
| 75 | Desprendimientos de tierra  |                                         |
| 74 | El ciclo de la erosión      |                                         |
| 72 | La erosión                  |                                         |
|    |                             | 122 África                              |
|    |                             | 120 Oceanía                             |
|    |                             | 118 Asia                                |
|    |                             | 116 Europa                              |
|    |                             | 114 Sudamérica                          |
|    |                             | 112 Norteamérica                        |
|    |                             | 111 Antártica                           |
|    |                             | 110 La configuración de los continentes |

|                           |                                    |                       |                               |
|---------------------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| 70   El paisaje evolutivo | 88   Representaciones de la Tierra | 108   Los continentes | 124   Glosario                |
|                           |                                    |                       | 126   Índice                  |
|                           |                                    |                       | 128   Créditos de fotografías |
|                           | 90 Coordenadas terrestres          |                       |                               |
|                           | 92 Proyección cartográfica         |                       |                               |
|                           | 94 Cartografía                     |                       |                               |
|                           | 96 Convenciones cartográficas      |                       |                               |
|                           | 98 Mapas físicos y topográficos    |                       |                               |
|                           | 100 Mapas temáticos                |                       |                               |
|                           | 102 Detección remota               |                       |                               |
|                           | 104 Satélites y transbordadores    |                       |                               |
|                           | 106 Husos horarios                 |                       |                               |







La Tierra, que nació hace 4 600 millones de años **de una nube de polvo**, no siempre se vio como el planeta que conocemos actualmente. De hecho, ha estado cambiando constantemente durante su historia, volviéndose **más organizado y complejo**. Esta fascinante evolución se revela en las rocas y fósiles que proporcionan evidencia de los primeros tiempos de nuestro planeta.







# Historia de la Tierra

- 8 **La formación de la Tierra**  
*Cómo empezó todo*
- 10 **La escala geológica de tiempo**  
*En busca de los orígenes de la vida*
- 12 **Surge la vida en los continentes**  
*Organismos cada vez más complejos*
- 14 **Nuestro conocimiento del tiempo geológico**  
*Fuentes para calcular edades*

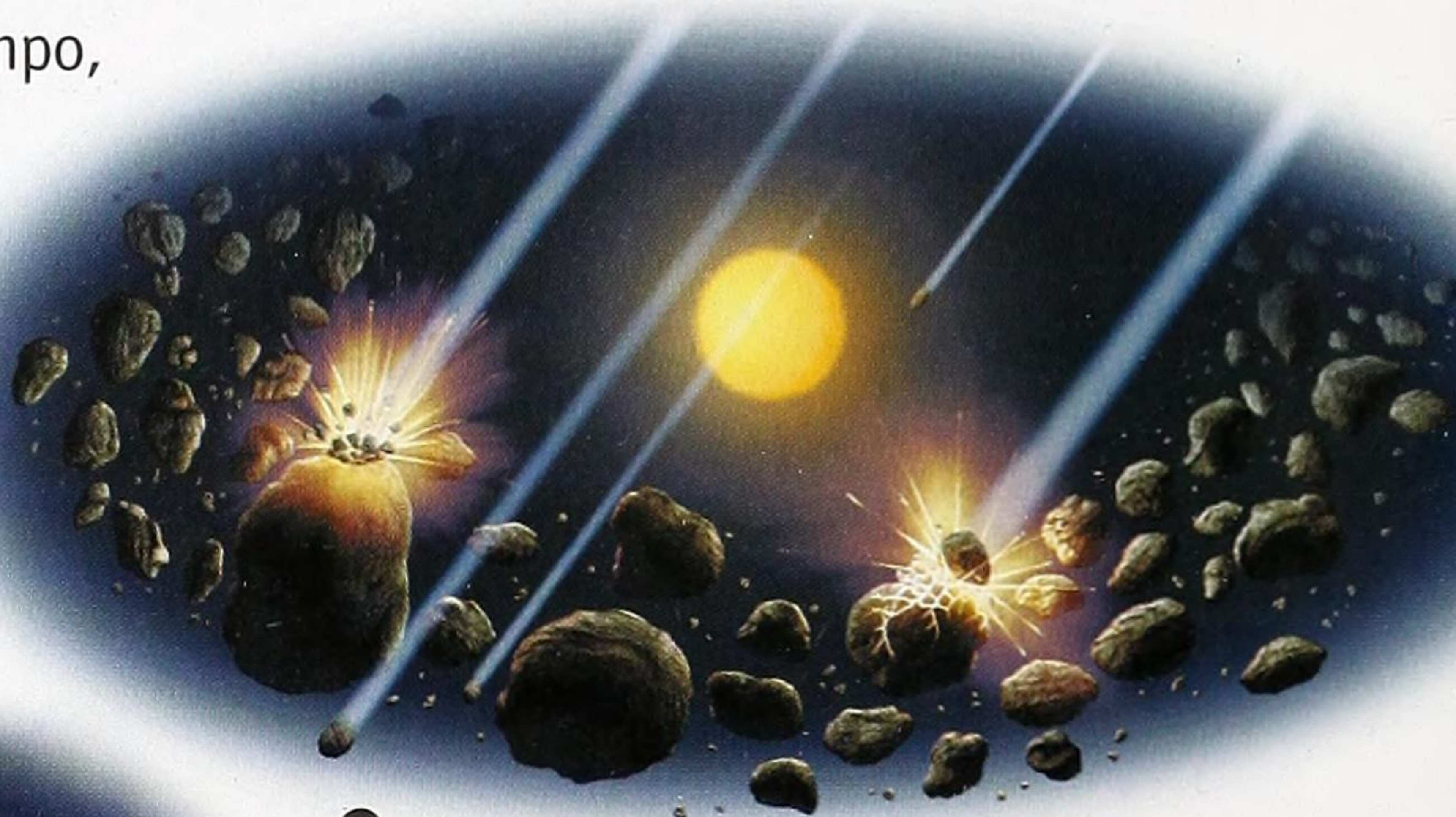


# El nacimiento de la Tierra

*Cómo empezó todo*

Historia de la Tierra

Cinco mil millones de años atrás aproximadamente, el sistema solar, incluida la Tierra, no existía. No había otra cosa que una inmensa nube de polvo y gas difusa que giraba sobre sí misma. Con el paso del tiempo, nació el sol, y luego los nueve planetas, entre los cuales la Tierra, se formaron como bolas de nieve, por aglomeración de la materia en el interior de esta nebulosa original.



4

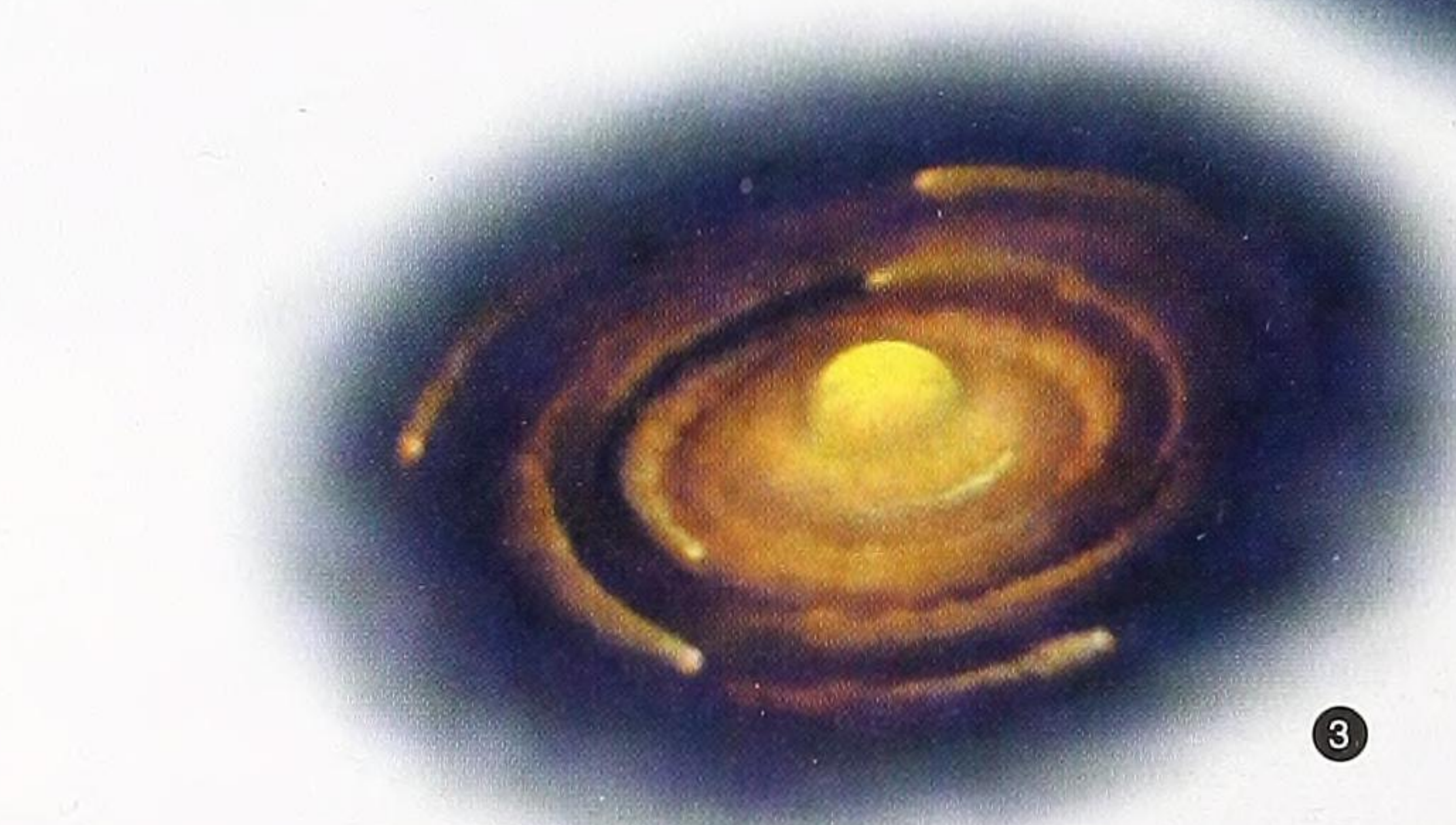
## SURGIDA DE UNA NUBE DE POLVO

Todo empieza unos 4,6 miles de millones de años atrás, en uno de los brazos en espiral de la Vía Láctea. Bajo el efecto de una onda de choque proveniente probablemente de la explosión de enormes estrellas, una nube de polvo (la **nebulosa primitiva**) empieza a gravitar ①.

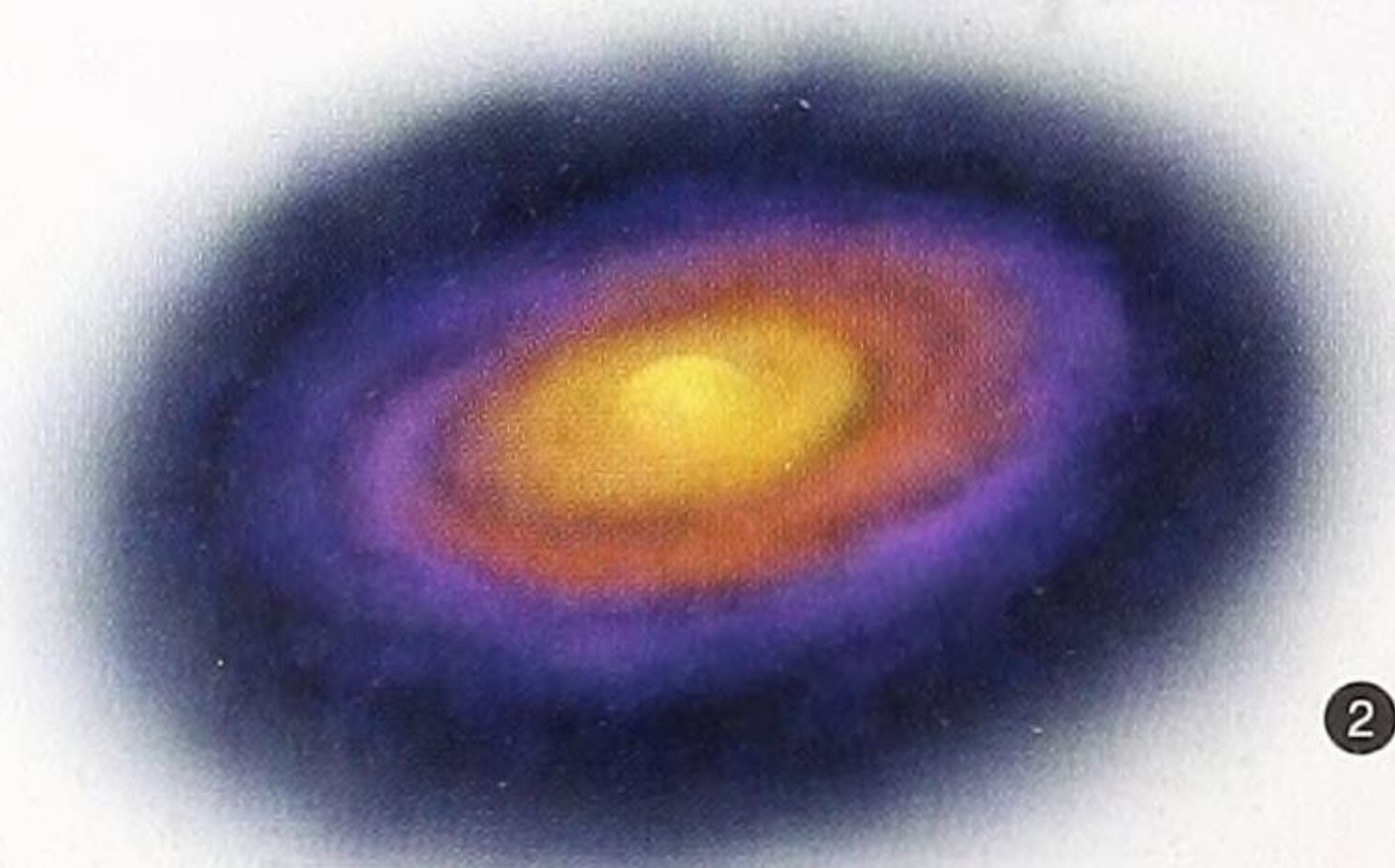
Al centro de esta nube, la materia se vuelve cada vez más densa, caliente, y luego luminosa. Engendra el embrión de una estrella que se convierte en el Sol ②.

Los polvos circundantes se aglomeran. Pequeñas piedras, cuyas medidas se hacen más y más imponentes, forman los embriones de los planetas, o protoplanetas, con un diámetro de algunos kilómetros ③.

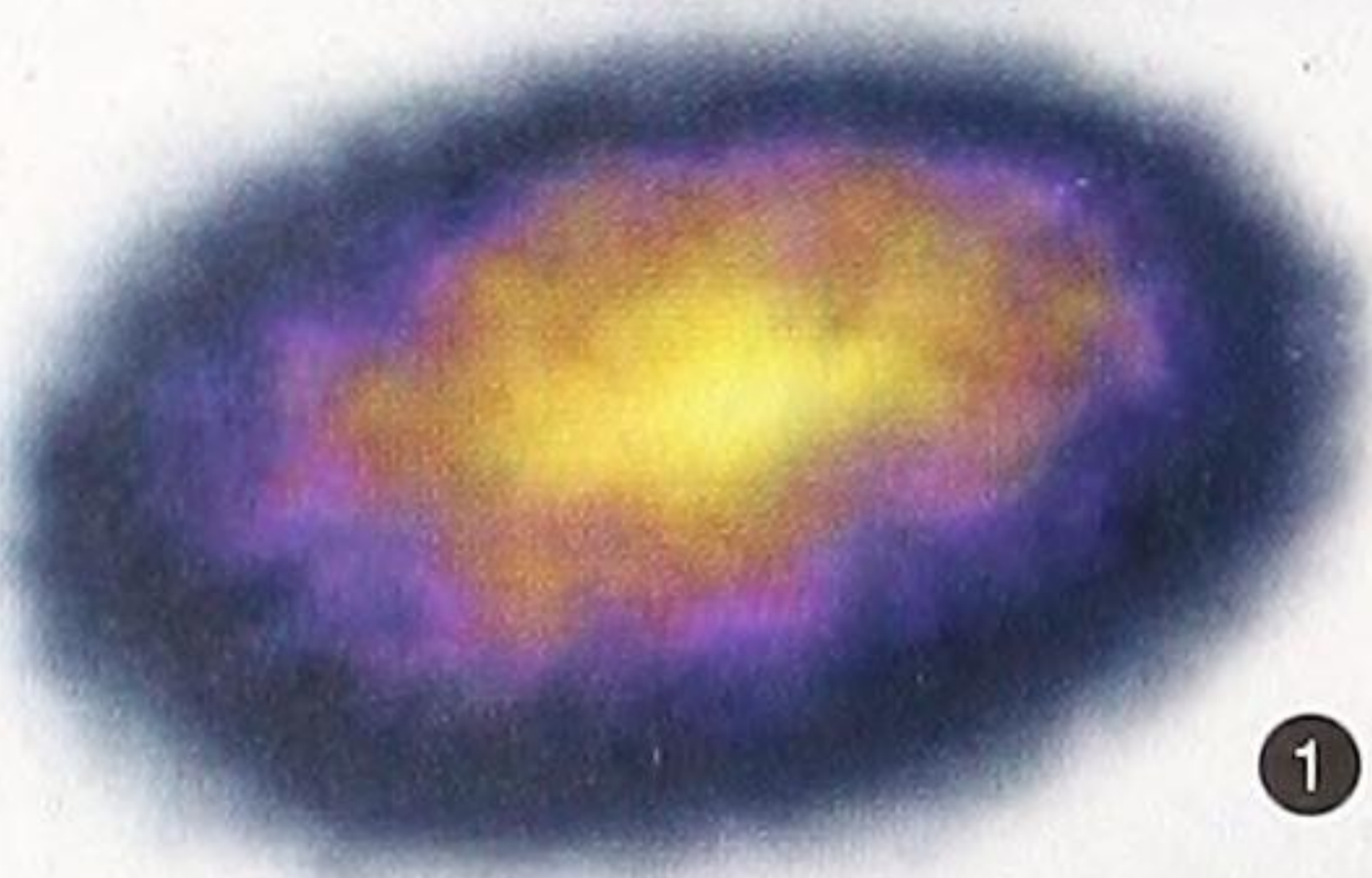
Estos protoplanetas chocan entre ellos y se aglomeran hasta alcanzar la dimensión de un **planeta** (varios millares de kilómetros). Durante centenares de millones de años, los planetas nacientes, entre los cuales se encuentra la Tierra, están sometidos al bombardeo intenso de los demás cuerpos rocosos ④.



3



2



1





## DESDE LA LAVA A LA VIDA

Al principio, unos 4,6 miles de millones de años atrás, la Tierra estaba completamente cubierta por un **océano de lava ardiente** —roca líquida— de varios centenares de kilómetros de espesor. Por lo tanto no tiene ni costra ni núcleo. ⑤.

Poco a poco, este océano de lava se enfría. **Partes de costra** que se forman flotan en la superficie del planeta, que está siempre intensamente bombardeada por los meteoritos y cometas ⑥.

Al pasar del tiempo, una **costra primitiva** se forma. Los elementos pesados como el hierro y el níquel se concentran para formar el núcleo mientras que los elementos más ligeros (oxígeno, silicio, aluminio, etc.) componen la costra ⑦.

La Tierra es también escenario de una intensa actividad volcánica, que lleva a la expulsión de los gases livianos y libera una **atmósfera primitiva** radicalmente diferente de la nuestra. Al condensarse, el vapor ácuo forma nubes; el surgimiento de la lluvia permite la creación de lagos, ríos y océanos. Paralelamente, la costra se desprende y nacen así los continentes ⑧.

La presencia de los continentes, de los océanos y de una atmósfera pobre de oxígeno, que permite la formación de moléculas siempre más complejas, genera un fenómeno apreciable: **la vida**. Menos de mil millones de años después del nacimiento de la Tierra esta vida apareció en los océanos ⑨. Pero tardará algunos miles de millones de años para llegar a los continentes.





# La escala de las eras geológicas

*Los orígenes de la vida*

Desde su aparición, 4,6 miles de millones de años atrás, la Tierra ha conocido un gran número de transformaciones. Al inicio no se parecía mínimamente a lo que hoy en día podemos observar. El paisaje terrestre se ha modificado muy despacio: se han formado los continentes y los océanos, han aparecido especies de animales y vegetales que sucesivamente han sido remplazadas por otras especies.

Para poder determinar y ubicar cronológicamente las más grandes transformaciones de este mundo en permanente cambio, los geólogos crearon una escala de eras geológicas.

## EL INICIO DEL MUNDO: UNA VIDA ACUÁTICA

El precámbrico ① es el periodo más lejano y más largo de la historia de la Tierra. Es durante este periodo que se forman, aproximadamente 4 miles de millones de años atrás, la costra terrestre, luego los continentes y los océanos. Sucesivamente, 500 millones de años más tarde, la vida se manifiesta. Los primeros organismos celulares aparecen, así como también las primeras bacterias y las primeras algas.

En el periodo cámbrico ②, se desarrollan diferentes grupos de invertebrados en los mares poco profundos, que cubren buena parte de la Tierra.

Los primeros vertebrados aparecen en el periodo siguiente: el ordovícico ③. Se encuentra también abundancia de corales, esponjas y moluscos como los cefalópodos.

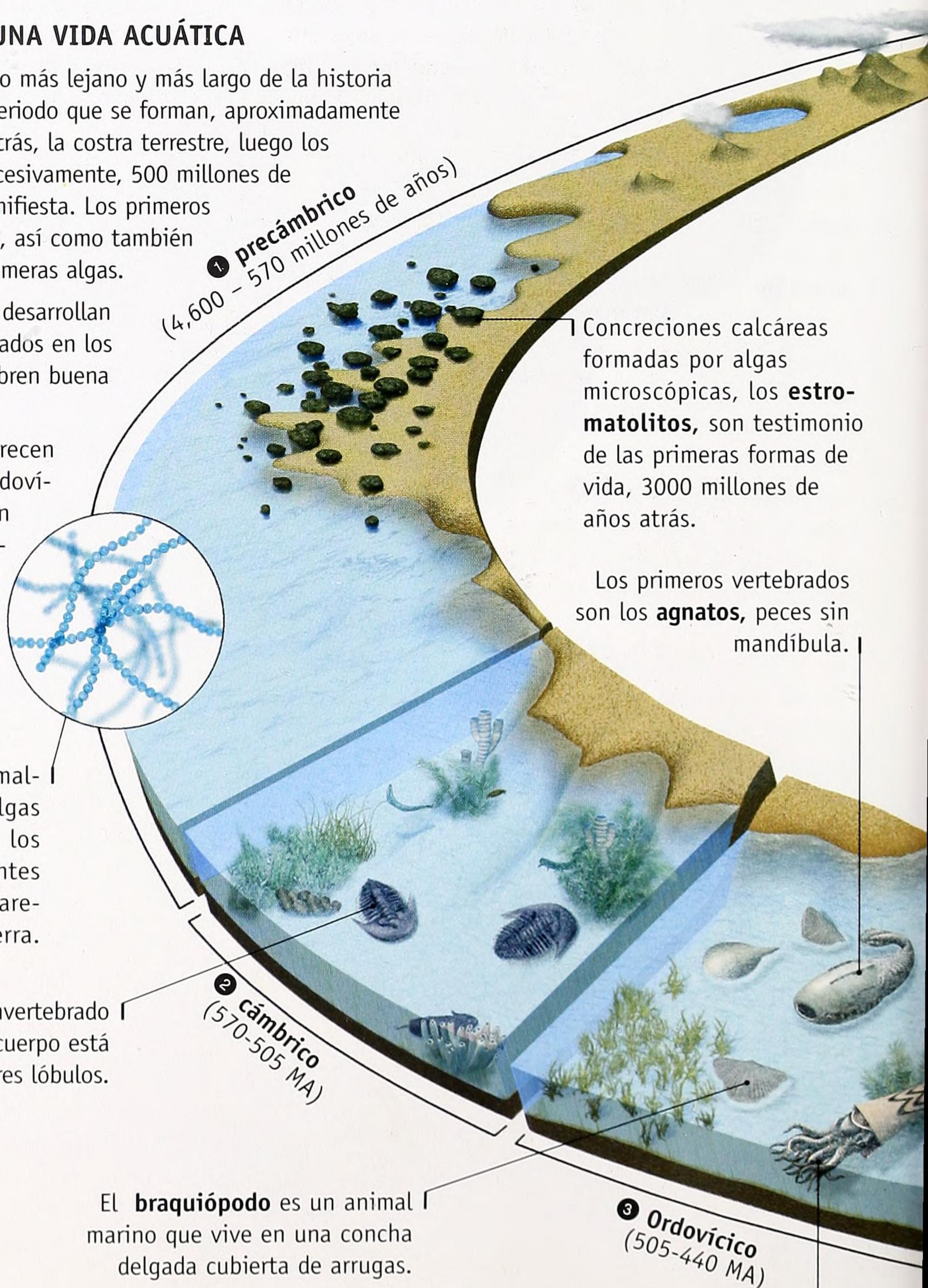
Las **cianobacterias**, normalmente denominadas las algas verde - azul, son unos de los primeros organismos vivientes microscópicos que han aparecido sobre la Tierra.

El **trilobites** es un invertebrado con la concha cuyo cuerpo está dividido en tres lóbulos.

M.A.: millones de años

El **braquiópodo** es un animal marino que vive en una concha delgada cubierta de arrugas.

El **cefalópodo ortocera**, antepasado del calamar, del pulpo y del nautilo, tiene una concha recta o ligeramente encorvada.





## LA HISTORIA DE LA TIERRA EN UN AÑO

Es difícil concebir un número semejante: 4,6 miles de millones de años de evolución, sin embargo podemos hacernos una idea reduciendo este periodo a un año. Supongamos que la tierra se haya creado el 1 de enero a medianoche. La primera forma de vida aparece durante el mes de Abril. Los vegetales empiezan a crecer sobre la tierra firme a finales de noviembre. Los dinosaurios ven la luz del sol hacia la mitad de diciembre, para desaparecer el 25 de diciembre hacia las 19 horas. La especie humana puebla la Tierra el 31 de diciembre a las 23.25 horas y construye las pirámides de Egipto a las 23 horas 59 minutos y 29 segundos. El descubrimiento de América se realiza a las 23 horas 59 minutos y 57 segundos.

## A LA CONQUISTA DE LA TIERRA

Durante el silúrico ④, aparecen las primeras plantas terrestres. Se empiezan a encontrar en las aguas peces con mandíbula.

El devónico ⑤ marca la llegada de los insectos y de los primeros animales terrestres: los anfibios. Después de este periodo, los peces se diversifican y los continentes, hasta entonces desiertos, se cubren de ramas y helechos.

Durante el carbonífero ⑥, el aumento del nivel del mar conlleva el desarrollo de inmensos pantanos, pudriendo toda la vegetación y formando las capas de turba que son el origen de los depósitos de carbón. Los primeros reptiles ven la luz del sol.

Los **helechos** empiezan a crecer en los bordes del agua. Algunos son pequeños, otros son gigantes y altos como los árboles de hoy.

El insecto más viejo que se conoce, el **arqueognato**, no posee alas, pero posee largas antenas.

Con el tiempo, las aletas de algunos peces se transforman en miembros. El **ictioostega** es uno de los primeros anfibios en ver la luz del día. Su cola hace recordar a la de un pez.

los **acantódidos**, los primeros peces con mandíbulas, nacen en el periodo silúrico. Sus aletas tienen largas espinas.

La **cooksonia** es una de las primeras plantas que llegan a la Tierra. Es una planta con tronco pero sin hojas ni raíces.

Los insectos con alas más viejos son de esta época. Entre ellos: **la libélula gigante meganeura** de 70 cm. de envergadura.

En las selvas de coníferas, podemos encontrar cienpiés como el **arthropleura** que puede alcanzar hasta los dos metros de largo.

Los tiburones son unos de los peces que dominan el período carbonífero. Algunas particulares especies como el **falcatus**, tienen un aguijón con dientes sobre la cabeza.



④ **silúrico**  
(440 - 410 MA)

⑤ **devónico**  
(410 - 360 MA)

⑥ **carbonífero**  
(360 - 286 MA)



# La vida surge en los continentes

*Organismos cada vez más complejos*

## REPTILES, MAMÍFEROS Y DINOSAURIOS

Durante el período pérmico ⑦, se encuentran reptiles en abundancia, estos sustituyen a los anfibios cuando el clima se seca. Las masas continentales forman por lo tanto un solo supercontinente: la Pangea.

Durante el triásico ⑧, este supercontinente se desplaza dando vida a los actuales continentes. Aparecen los mamíferos, los dinosaurios y muchos reptiles acuáticos.

Durante el periodo siguiente, el jurásico ⑨, el rompimiento de la Pangea forma una zona de ruptura que crea el océano Atlántico. Los dinosaurios como el plateosaurio o el brontosaurio dominan el mundo. Algunos reptiles y las primeras aves empiezan a volar. Crecen las plantas con flores.

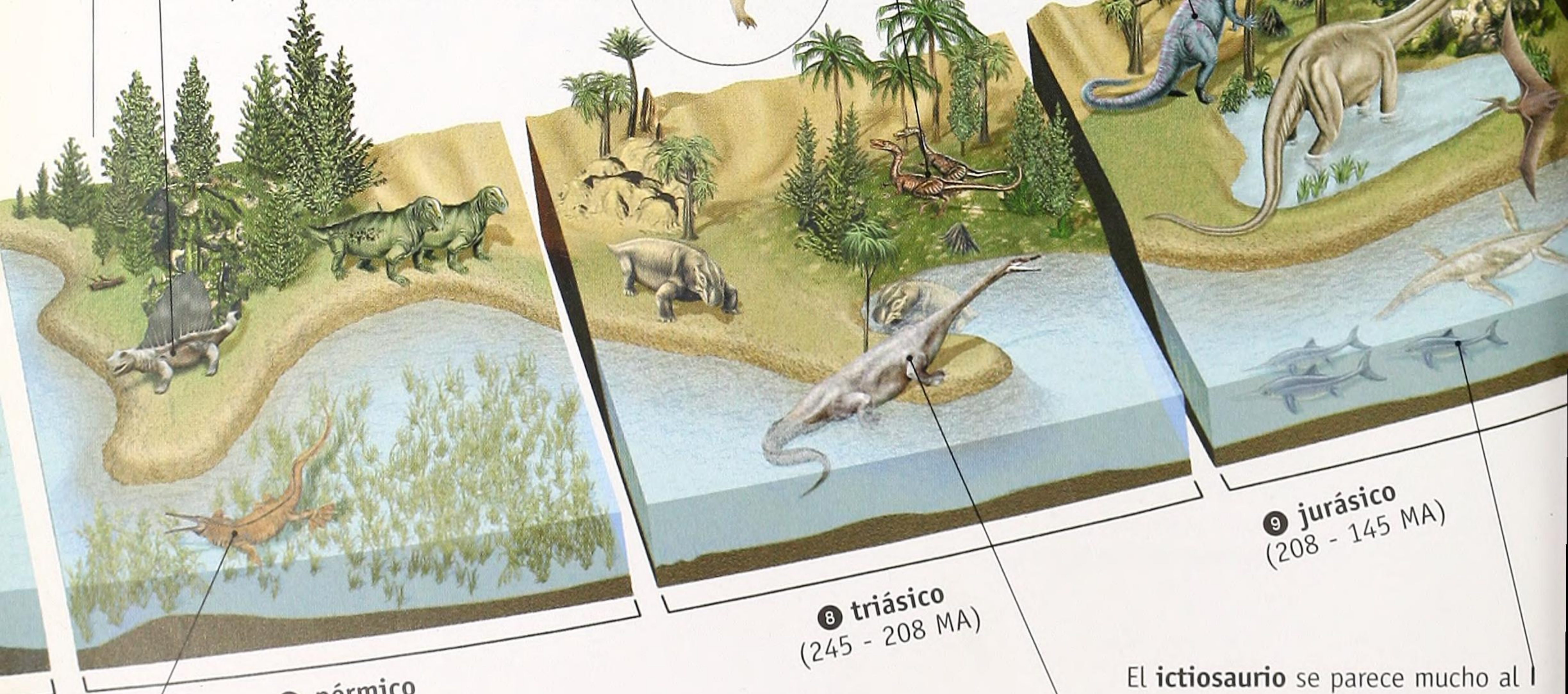
El **dimetrodonte** es uno de los reptiles carnívoros que dominan el pérmico. La gran ala del animal le permite regular su temperatura interna.

El **plateosaurio** es uno de los más grandes dinosaurios del periodo jurásico. Herbívoro con un cuello largo, se levanta sobre las patas para alcanzar las hojas de los árboles.

El **archeopteryx**, que es uno de los primeros seres alados, tiene las características de los reptiles (garras, dientes, cola larga) y de las aves (alas, plumas).

Entre los dinosaurios que aparecen en el periodo triásico, se puede observar el **bípede coelophys**, un animal carnívoro voraz dotado de potentes garras.

Grande como un ratón, el **mega-zostrodon** es uno de los primeros mamíferos aparecidos sobre la Tierra. Se trata de un insectívoro que vive sobre todo de noche.



⑦ **pérmico**  
(286 - 245 MA.)

Primer reptil acuático, el **mesosau**, es un animal de pequeña talla, con el hocico largo y puntiagudo que nada en aguas poco profundas.

⑧ **triásico**  
(245 - 208 MA)

Reptil de talla mediana, con un cuello largo, el **notosau** posee miembros en forma de paleta adaptados para nadar.

⑨ **jurásico**  
(208 - 145 MA)

El **ictiosau** se parece mucho al delfín. Reptil marino, con dimensiones que van de 1 a 5 m., se ha adaptado bien a la vida acuática.



## LA LLEGADA DEL HOMBRE

Los dinosaurios, que reinan todavía durante una parte del periodo cretáceo ⑩, desaparecen brutalmente al final de este periodo, tal vez después de la caída de un gigantesco meteorito que provoca la extinción de tres cuartos de las especies vegetales y animales.

Los primeros primates y los primeros grandes monos, ven la luz del día durante el terciario ⑪. Los mamíferos se diversifican, aparecen en particular los caballos, los camellos, los rinocerontes y los elefantes. El enfriamiento climático se traduce con la aparición de las praderas.

Sucesivamente la era cuaternaria ⑫ se subdivide en cuatro periodo glaciales; los glaciares alcanzan su máxima extensión 18,000 años atrás, para comenzar a retirarse 8,000 años más tarde. Los mamíferos y las aves dominan el planeta durante ésta era y aparecen los primeros seres humanos: Homo Habilis, Homo Erectus y Homo Sapiens. El tiempo histórico empieza con la invención de la escritura, 5,000 años atrás.

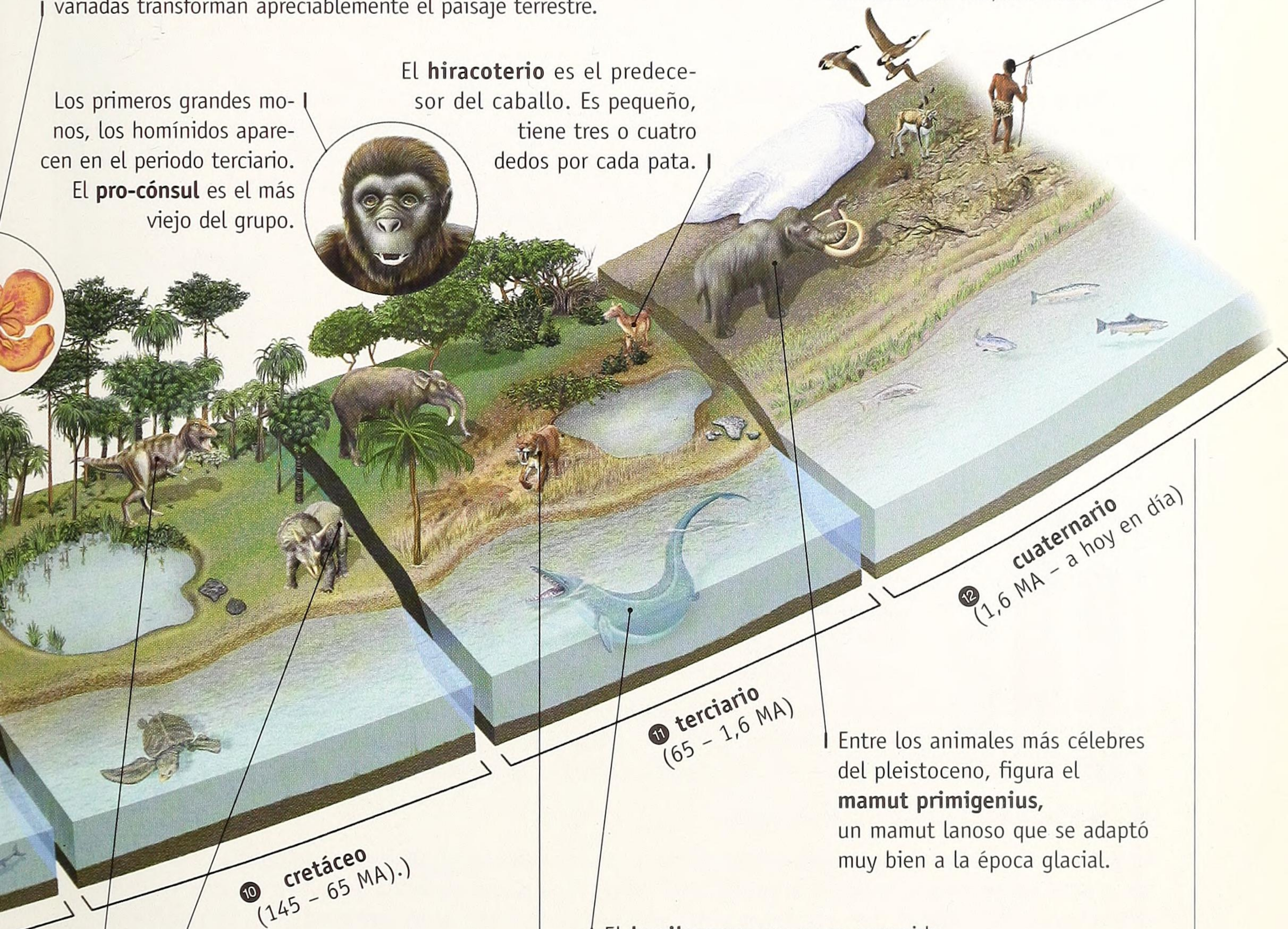
**Las plantas con flores**, que aparecen durante el periodo jurásico, se desarrollan y se diversifican. Sus colores y formas variadas transforman apreciablemente el paisaje terrestre.

Los primeros grandes monos, los homínidos aparecen en el periodo terciario.

El **pro-cónsul** es el más viejo del grupo.

El **hiracoterio** es el predecesor del caballo. Es pequeño, tiene tres o cuatro dedos por cada pata.

El **Homo Sapiens** que representa el primer hombre moderno aparece aproximadamente 100,000 años atrás.



⑩ **cretáceo**  
(145 - 65 MA).)

El **tiranosaurio**, uno de los más grandes carnívoros, posee potentes mandíbulas con dientes tajantes. Alcanza un peso de cinco toneladas, mide casi catorce metros de longitud y entre cinco y seis metros de altura.

Entre los últimos dinosaurios podemos encontrar el **triceratops**, que era un herbívoro dotado de tres cuernos y de un gran collar detrás del cráneo.

⑪ **terciario**  
(65 - 1,6 MA)

El **basilosauo** un poco parecido a un reptil, es una de las primeras ballenas. Este mamífero tiene una cabeza pequeña y un cuerpo muy largo que puede alcanzar hasta 20 metros.

El **esmilodonte**, uno de los representantes de tigre con dientes de sable aparece al final del terciario. Con sus largos caninos superiores corta la garganta a sus víctimas y las destaza rápidamente.

Entre los animales más célebres del pleistoceno, figura el **mamut primigenius**, un mamut lanoso que se adaptó muy bien a la época glacial.

⑫ **cuaternario**  
(1,6 MA - a hoy en día)

MA: millones de años



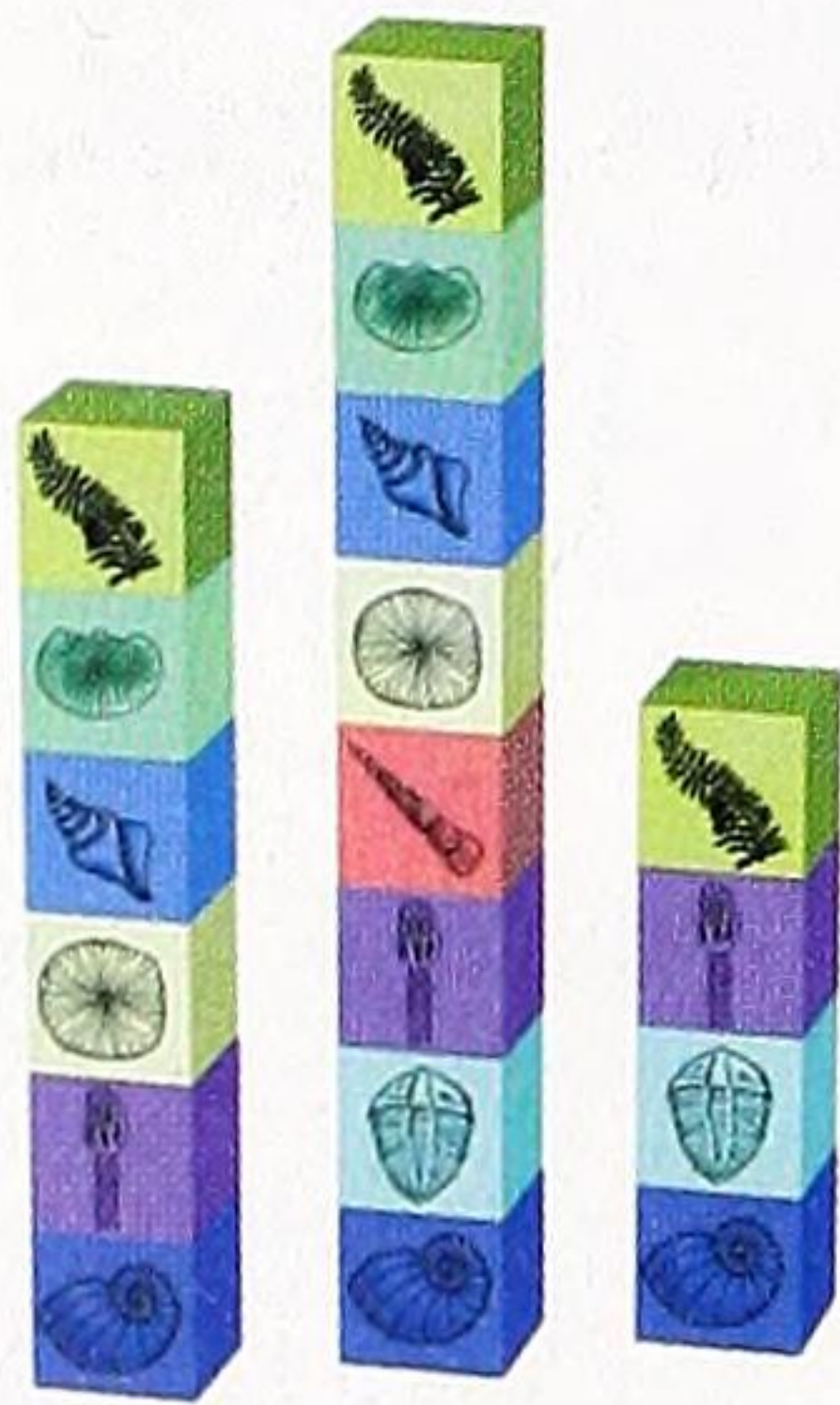
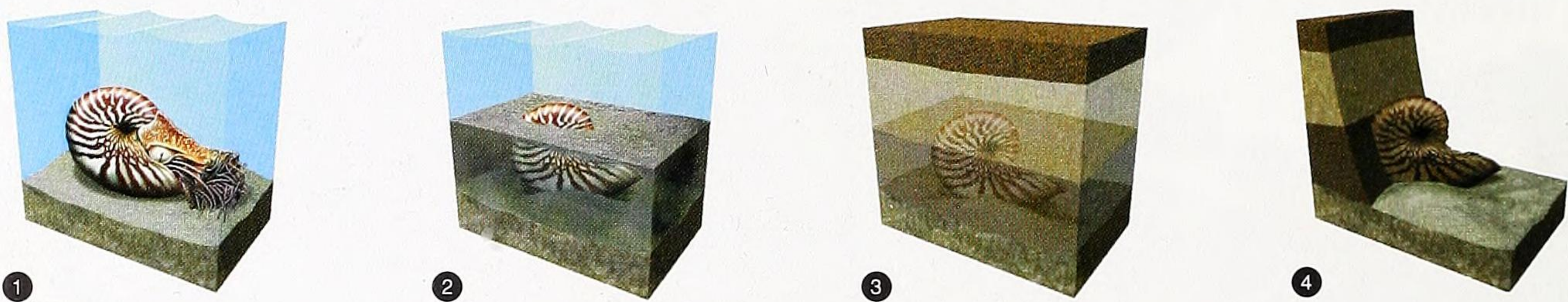
# Nuestro conocimiento del tiempo geológico

Fuentes para calcular edades

¿Qué edad tienen las rocas más antiguas? ¿Cómo era el clima en la Tierra hace 300 millones de años? ¿Cuándo la vida acuática dio paso a la vida en tierra? ¿Cuándo aparecieron las aves, las coníferas, los dinosaurios y las flores? Uno de los retos más grandes que enfrentan los geólogos es encontrar respuestas a preguntas como éstas. Para calcular la edad de un periodo en el que no existía documentación escrita se usan dos métodos: datación relativa y datación absoluta.

## LOS VESTIGIOS DEL TIEMPO

Los fósiles, enterrados bajo capas de sedimentos rocosos, son vestigios del pasado. Generalmente son las partes duras (huesos, conchas, etc.) de animales y plantas que se han preservado. Abajo, un amonita muere y cae al fondo de un cuerpo de agua ①. El cuerpo del molusco se descompone y los sedimentos empiezan a cubrir la concha ②. Con el tiempo, las capas de sedimento se endurecen e inmovilizan la concha ③. Después de millones de años, los movimientos geológicos o las excavaciones llevan al fósil a la superficie ④.



## DATACIÓN RELATIVA (ESTRATIGRAFÍA)

La datación relativa se basa en la observación de diferentes capas de tierra para establecer un orden cronológico entre varios periodos. Con el tiempo, viejos sedimentos se cubren con sedimentos más nuevos, formando una acumulación de capas (o estratos) características de un periodo, con el más reciente –en principio– hasta arriba.

Cuando los incidentes geológicos perturban los estratos y los mueven hacia una posición vertical, se usa el principio de identidad paleontológica, que supone que dos capas que contengan los mismos fósiles son del mismo periodo.

## DATACIÓN ABSOLUTA (RADIOMETRÍA)

La datación absoluta se basa en el principio de desintegración de ciertos elementos radiactivos para establecer la edad de los fósiles. La datación con carbono 14 (C14) es la más conocida, ya que el carbono es un elemento que se encuentra en todo organismo vivo. Debido a que los organismos contienen C14 y C12 en una proporción estable y que el C14 se empieza a desintegrar a una tasa estable cuando los organismos mueren, la cantidad de tiempo que ha pasado desde que una planta o un animal mueren se mide estableciendo la proporción de C14 que queda en relación con el C12.

Los científicos han establecido que se requieren 5,730 años para que se desintegre el 50% del C14. Esto se llama la “vida media” de un elemento. Requeriría la misma cantidad de tiempo para que se desintegrara la mitad del material residual, y así sucesivamente. Así, por ejemplo, se puede calcular que un organismo ha estado muerto 22,920 años cuando sólo quede 1/6 de C14 en relación con el C12.

Esta técnica se usa actualmente para datar estigios de menos de 50,000 años de antigüedad. Otros elementos (uranio, rubidio, etc.) se usan en muestras más antiguas.

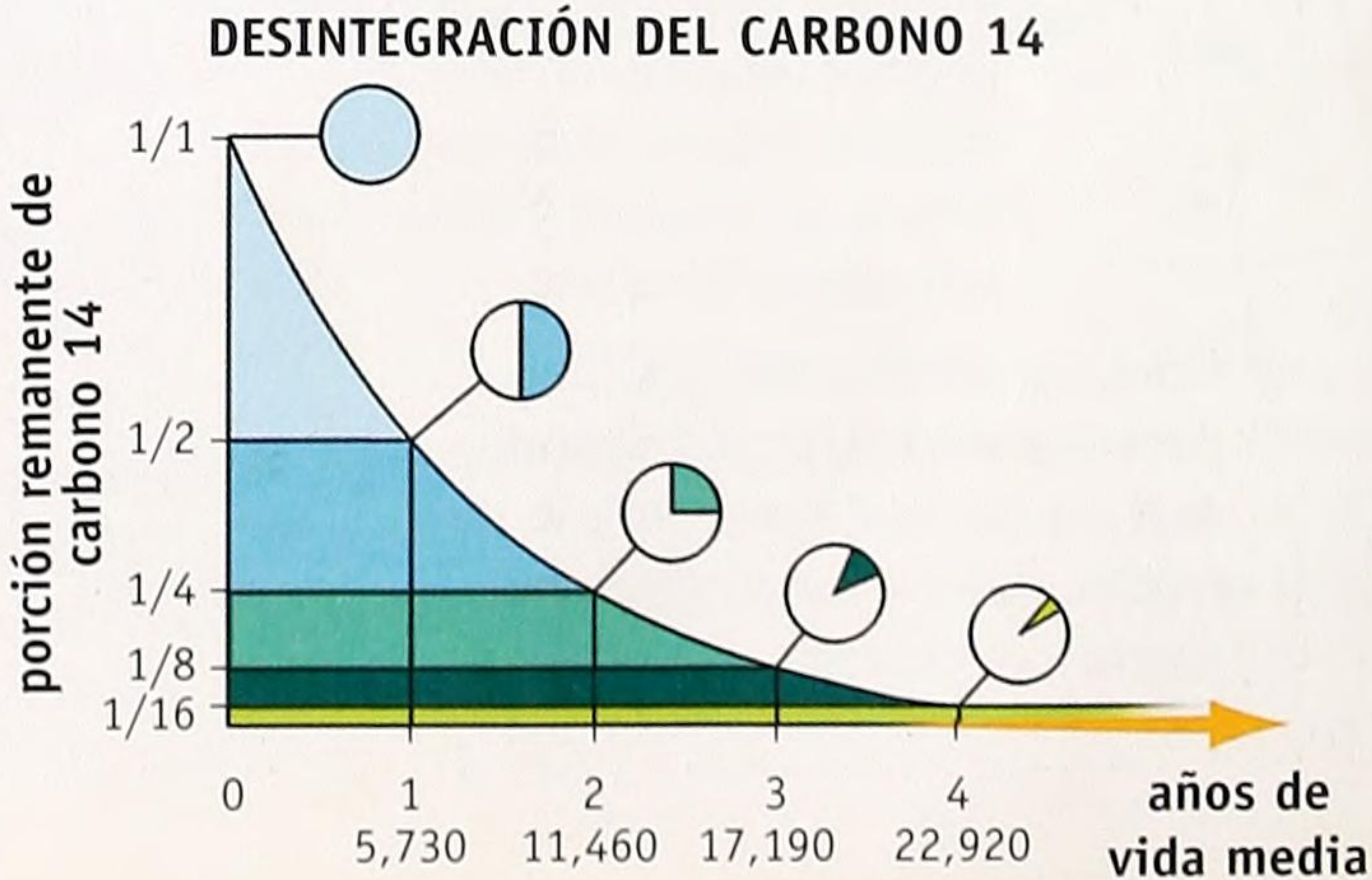




TABLA GEOCRONOLÓGICA

Así como los historiadores han dividido la historia de la humanidad en diferentes periodos, los científicos han dividido la evolución de la Tierra en periodos correspondientes a cambios importantes. De este modo, el tiempo desde la creación del planeta ha sido subdividido en intervalos llamados unidades geocronológicas. La más grande de estas unidades, los eones, se dividen en eras, luego en periodos y épocas.

| eón         | era          | periodo     | época       | millones de años | eventos                                                                                                                                                                                                         |
|-------------|--------------|-------------|-------------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fanerozoico | Cenozoico    | Cuaternario | Holoceno    | 0.01             | <ul style="list-style-type: none"><li>- primeros humanos</li><li>- edades de hielo</li></ul>                                                                                                                    |
|             |              |             | Pleistoceno |                  |                                                                                                                                                                                                                 |
|             |              | Terciario   | Plioceno    | 1.6              | <ul style="list-style-type: none"><li>- formación de los Himalaya</li><li>- primeros pastos</li><li>- diversificación de los mamíferos</li><li>- primeros primates</li></ul>                                    |
|             |              |             | Mioceno     |                  |                                                                                                                                                                                                                 |
|             |              |             | Oligoceno   |                  |                                                                                                                                                                                                                 |
|             |              |             | Eoceno      |                  |                                                                                                                                                                                                                 |
|             |              |             | Paleoceno   |                  |                                                                                                                                                                                                                 |
|             | Mesozoico    | Cretáceo    |             | 65               | <ul style="list-style-type: none"><li>- formación de los Alpes y Montañas Rocosas</li><li>- extinción masiva de especies de plantas y animales</li><li>- desaparición de los dinosaurios</li></ul>              |
|             |              |             |             | 145              |                                                                                                                                                                                                                 |
|             |              | Jurásico    |             | 208              | <ul style="list-style-type: none"><li>- aparición de plantas florecientes (angiospermas)</li><li>- primeras aves</li><li>- edad de los dinosaurios</li><li>- formación del océano Atlántico</li></ul>           |
|             |              |             |             | 245              |                                                                                                                                                                                                                 |
|             | Paleozoico   | Triásico    |             | 208              | <ul style="list-style-type: none"><li>- primeros dinosaurios</li><li>- primeros mamíferos</li><li>- dislocación de Pangea</li></ul>                                                                             |
|             |              |             |             | 245              |                                                                                                                                                                                                                 |
|             |              | Permiano    |             | 286              | <ul style="list-style-type: none"><li>- masas continentales forman un supercontinente (Pangea)</li><li>- abundancia de reptiles</li><li>- desecación del clima</li></ul>                                        |
|             |              |             |             | 360              |                                                                                                                                                                                                                 |
|             |              | Carbonífero |             | 410              | <ul style="list-style-type: none"><li>- formación de los Apalaches</li><li>- primeras plantas con semillas</li><li>- elevación del nivel del mar</li><li>- primeros reptiles</li></ul>                          |
|             |              |             |             | 440              |                                                                                                                                                                                                                 |
|             |              | Devoniano   |             | 505              | <ul style="list-style-type: none"><li>- aparición de helechos y colas de caballo</li><li>- diversificación de los peces</li><li>- primeros animales terrestres (anfibios)</li><li>- primeros insectos</li></ul> |
|             |              |             |             | 570              |                                                                                                                                                                                                                 |
| Precámbrico | Proterozoico | Arqueozoico |             | 410              | <ul style="list-style-type: none"><li>- primeras plantas terrestres</li><li>- peces con quijada</li></ul>                                                                                                       |
|             |              |             |             | 440              |                                                                                                                                                                                                                 |
|             | Ordoviciense | Cambriano   |             | 505              | <ul style="list-style-type: none"><li>- primeros vertebrados</li></ul>                                                                                                                                          |
|             |              |             |             | 570              |                                                                                                                                                                                                                 |
| Precámbrico | Proterozoico | Arqueozoico |             | 570              | <ul style="list-style-type: none"><li>- primeros invertebrados</li></ul>                                                                                                                                        |
|             |              |             |             | 570              |                                                                                                                                                                                                                 |
|             | Arqueozoico  |             |             | 2,500            | <ul style="list-style-type: none"><li>- atmósfera de oxígeno</li></ul>                                                                                                                                          |
|             |              |             |             | 4,600            |                                                                                                                                                                                                                 |
| Precámbrico | Arqueozoico  |             |             | 2,500            | <ul style="list-style-type: none"><li>- formación de océanos y continentes</li><li>- primera corteza sólida</li><li>- formación de la Tierra</li></ul>                                                          |
|             |              |             |             | 4,600            |                                                                                                                                                                                                                 |
|             | Arqueozoico  |             |             | 4,600            |                                                                                                                                                                                                                 |
|             |              |             |             | 4,600            |                                                                                                                                                                                                                 |



¿Qué hay bajo la superficie de la Tierra? ¿Podemos llegar al centro de la Tierra? **El interior de la Tierra,** con su presión y temperatura extremas, sigue siendo un **lugar misterioso.** En un proceso que ha tenido lugar durante millones de años, se forman los minerales y luego cambian de forma y estructura por metamorfosis.







# La estructura de la Tierra

- 18    **Adentro de la Tierra**  
*La estructura interna del planeta*
- 20    **Geomagnetismo**  
*La Tierra: un imán gigante*
- 22    **Los minerales**  
*El núcleo cristalino de las rocas*
- 24    **Formas minerales**  
*Estructuras y facies*
- 26    **El ciclo de vida de las rocas**  
*Los materiales de la Tierra en constante evolución*
- 28    **Tipos de rocas**  
*Una diversidad extraordinaria*



# En el interior de la Tierra

## La estructura interna del planeta

Aún siendo imposible saber con certeza cómo es la estructura interna de nuestro planeta, la geofísica y la astronomía (con la observación y el análisis de los otros planetas del sistema solar) han permitido recoger numerosas informaciones concernientes al interior de la Tierra.

De la masa total de aproximadamente 6,000,000,000 de miles de millones de toneladas, el planeta está compuesto por tres estratos concéntricos, desde el más denso al más ligero, delimitados por unas zonas de transición denominadas discontinuidades: el núcleo, el manto y la costra. Cada una tiene una composición química y unas propiedades físicas particulares.

La **costra terrestre** representa apenas el 3% del volumen de la tierra.

### Discontinuidad de Mohorovicic

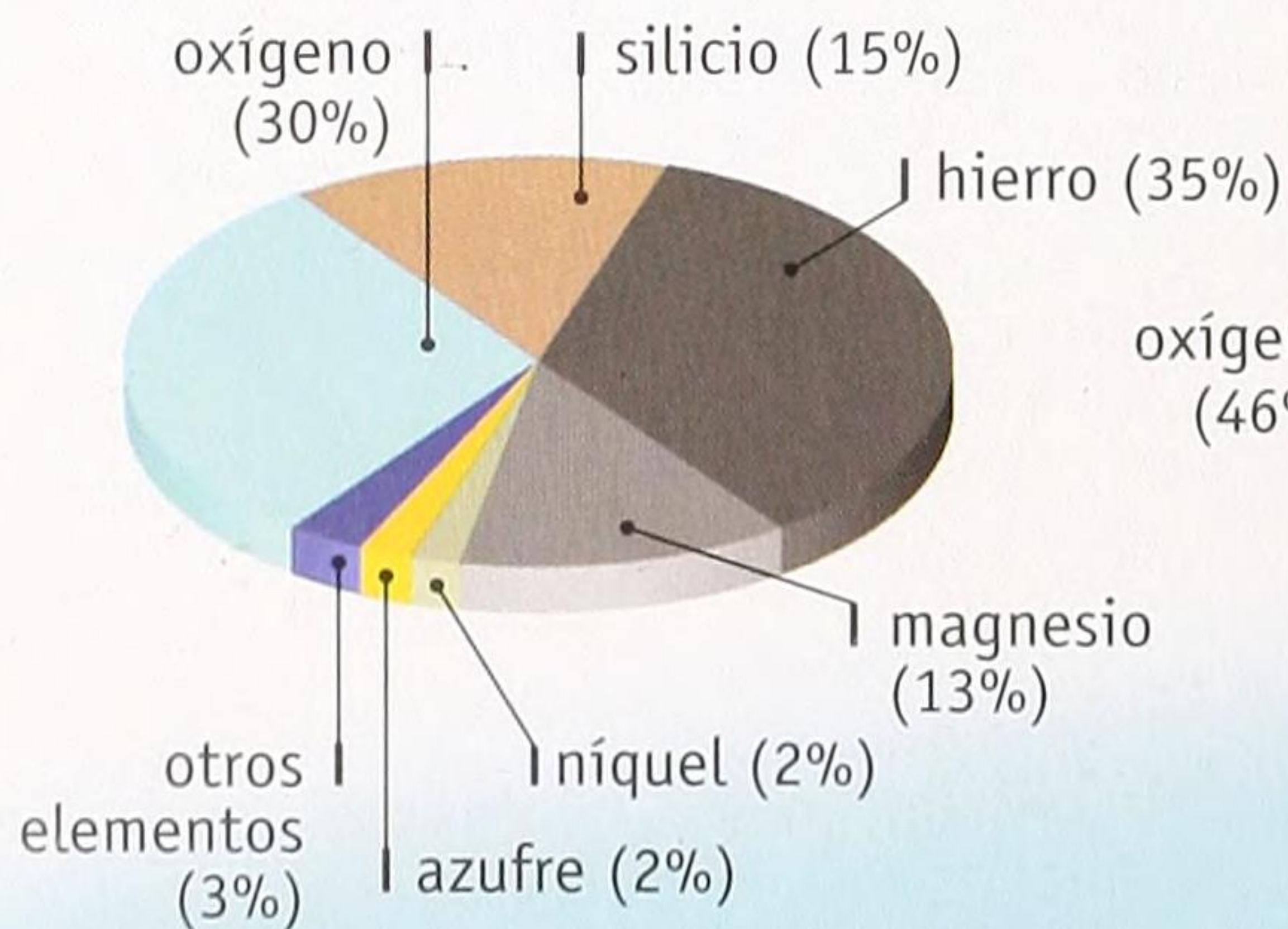
El **manto** ocupa el 80% del volumen total de la tierra. Principalmente compuesto por rocas volcánicas, se encuentra en un estado de fusión parcial a una temperatura de aproximadamente 3,000°C.

Las **corrientes de convección** transportan el calor interno de la Tierra hacia la superficie.

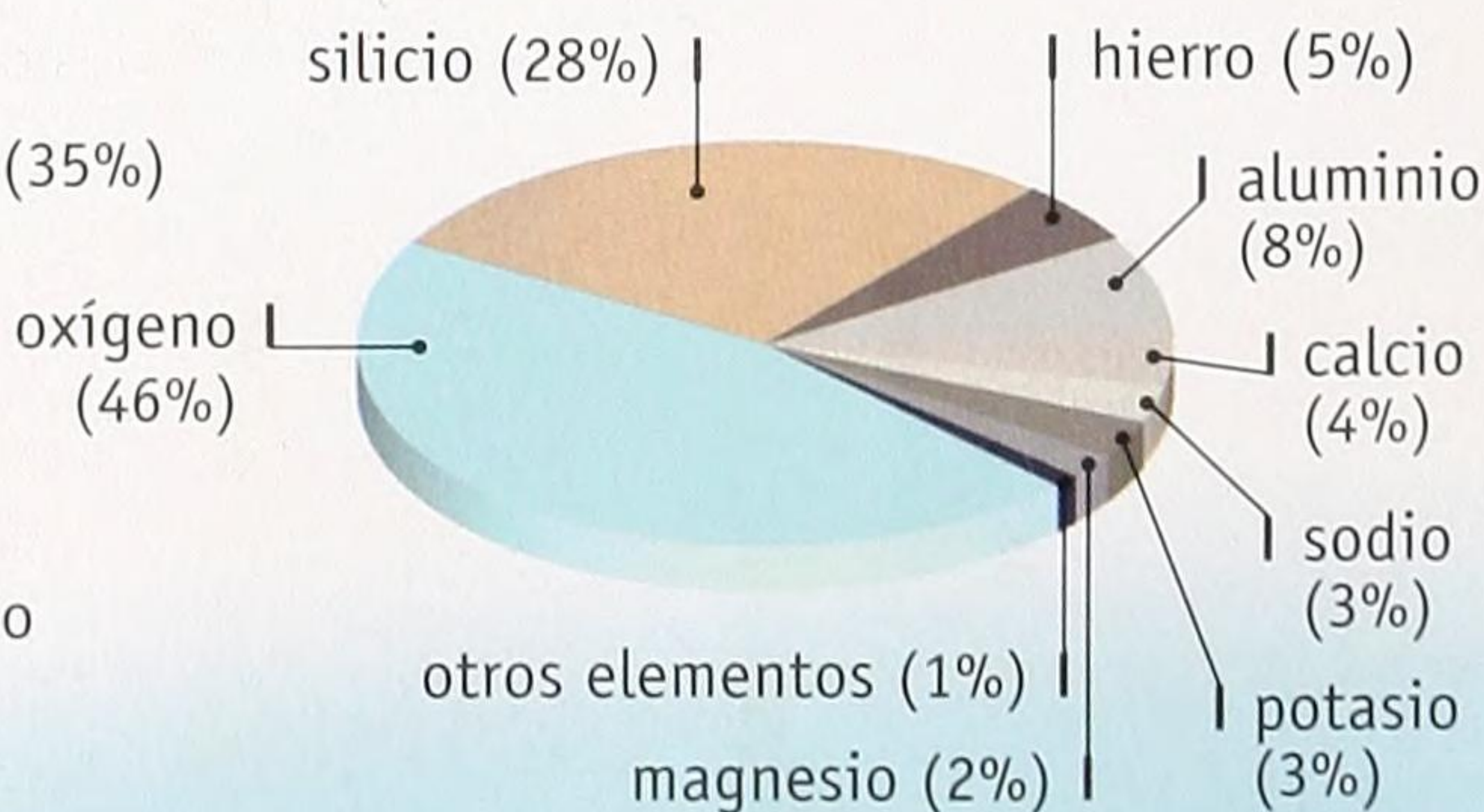
### Discontinuidad de Gutemberg

El **núcleo** que ocupa el 16% del volumen de nuestro planeta, concentra en sí mismo el 33% de su masa. Contiene los elementos más pesados de la Tierra, como el hierro y el níquel, que se acumularon al centro de nuestro planeta hace 4500 miles de millones de años.

### COMPOSICIÓN DE LA TIERRA

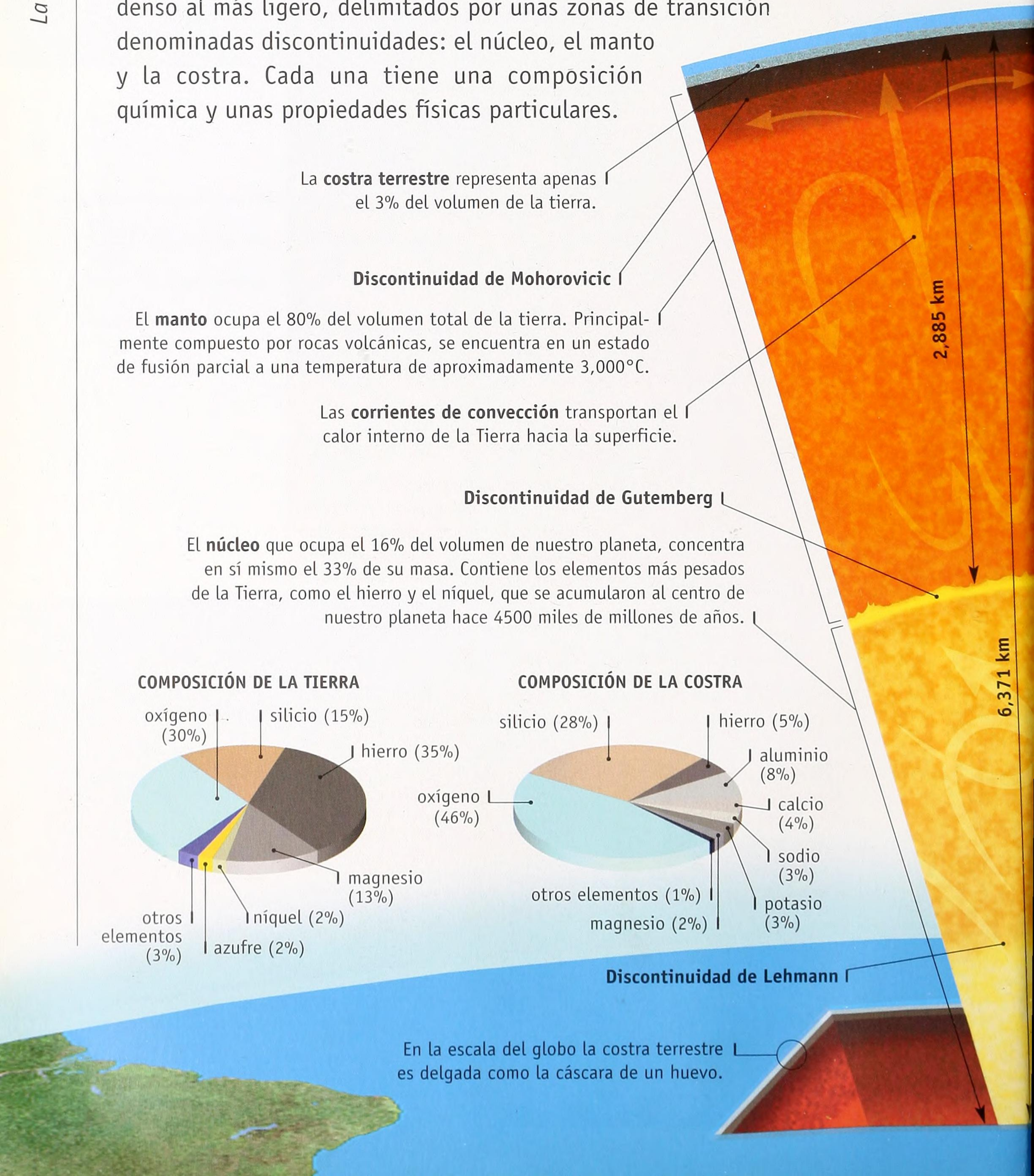


### COMPOSICIÓN DE LA COSTRA



### Discontinuidad de Lehmann

En la escala del globo la costra terrestre es delgada como la cáscara de un huevo.





La mayor parte de la superficie de la Tierra consiste en una **costra oceánica** muy delgada, de aproximadamente diez kilómetros de espesor.

Más espesa que la **costra oceánica**, la costra continental tiene un espesor entre 30 y 40 kilómetros, y a veces puede llegar hasta 70 kilómetros debajo de las cadenas montañosas.

La **litosfera** - parte superior rígida de la Tierra - está compuesta por la costra terrestre y la parte superior del manto.

En la **astenosfera** la temperatura supera los 1,200°C, fundiendo parcialmente las rocas. Es la plasticidad de estas faldas que permite la deriva continental.

La **parte superior del manto** es un estrato rígido pegado a la costra terrestre.

El **manto superior** está compuesto por rocas duras, ricas en silicatos de hierro y magnesio.

La **mesosfera** es la parte inferior del manto. Esta zona poco conocida está compuesta por materia viscosa agitada por lentas corrientes de convección.

## LAS PROFUNDIDADES INSONDABLES

Nuestros conocimientos de la estructura de la Tierra se basan en observaciones indirectas, sobre todo el estudio de las ondas sísmicas. En el terreno ninguna perforación ha penetrado el suelo a más de 15 kilómetros de profundidad, que corresponde sólo a la parte superficial de la costra terrestre.

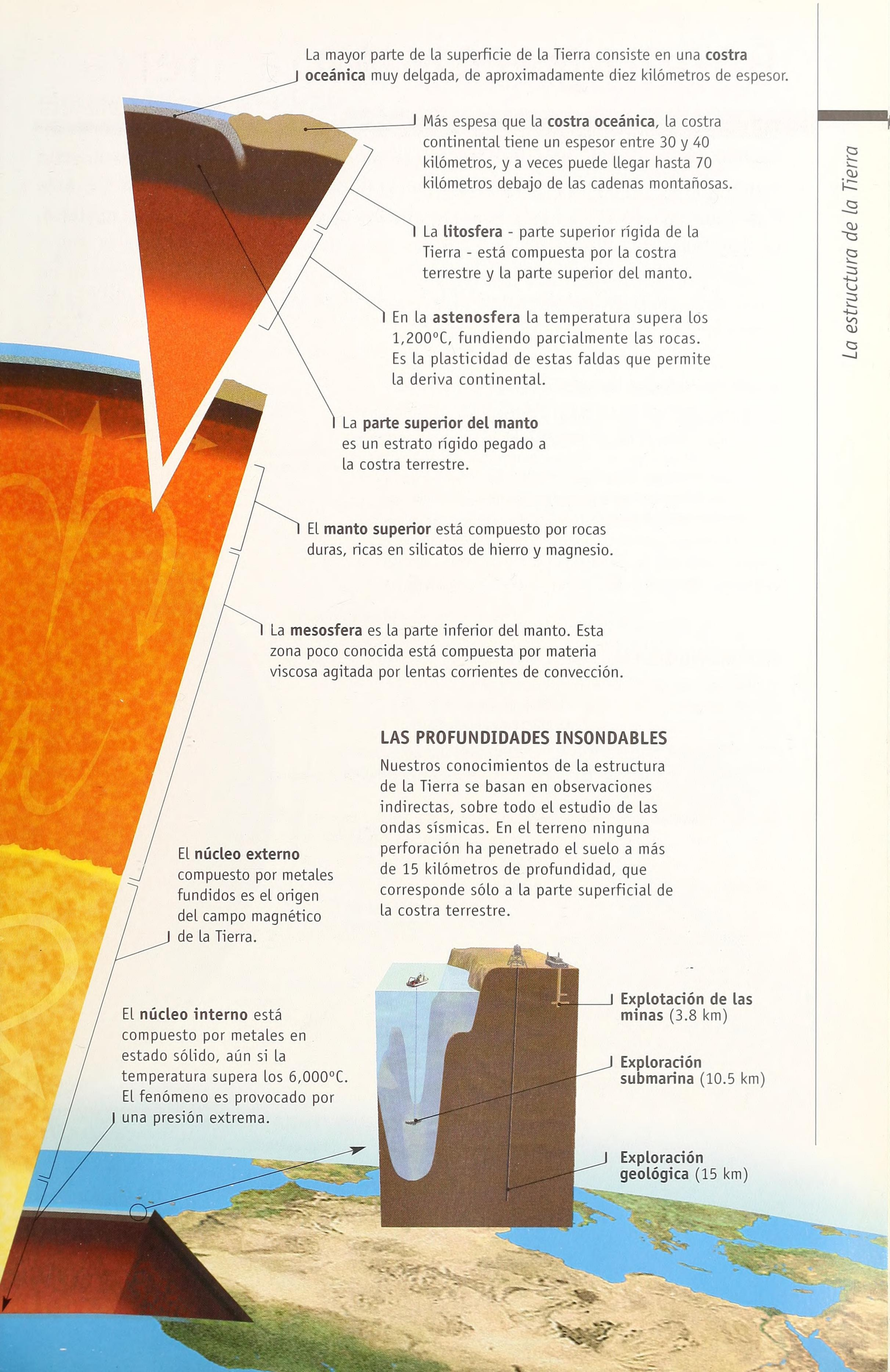
El **núcleo externo** compuesto por metales fundidos es el origen del campo magnético de la Tierra.

El **núcleo interno** está compuesto por metales en estado sólido, aún si la temperatura supera los 6,000°C. El fenómeno es provocado por una presión extrema.

**Explotación de las minas** (3.8 km)

**Exploración submarina** (10.5 km)

**Exploración geológica** (15 km)





# Geomagnetismo

*La Tierra: un imán gigante*

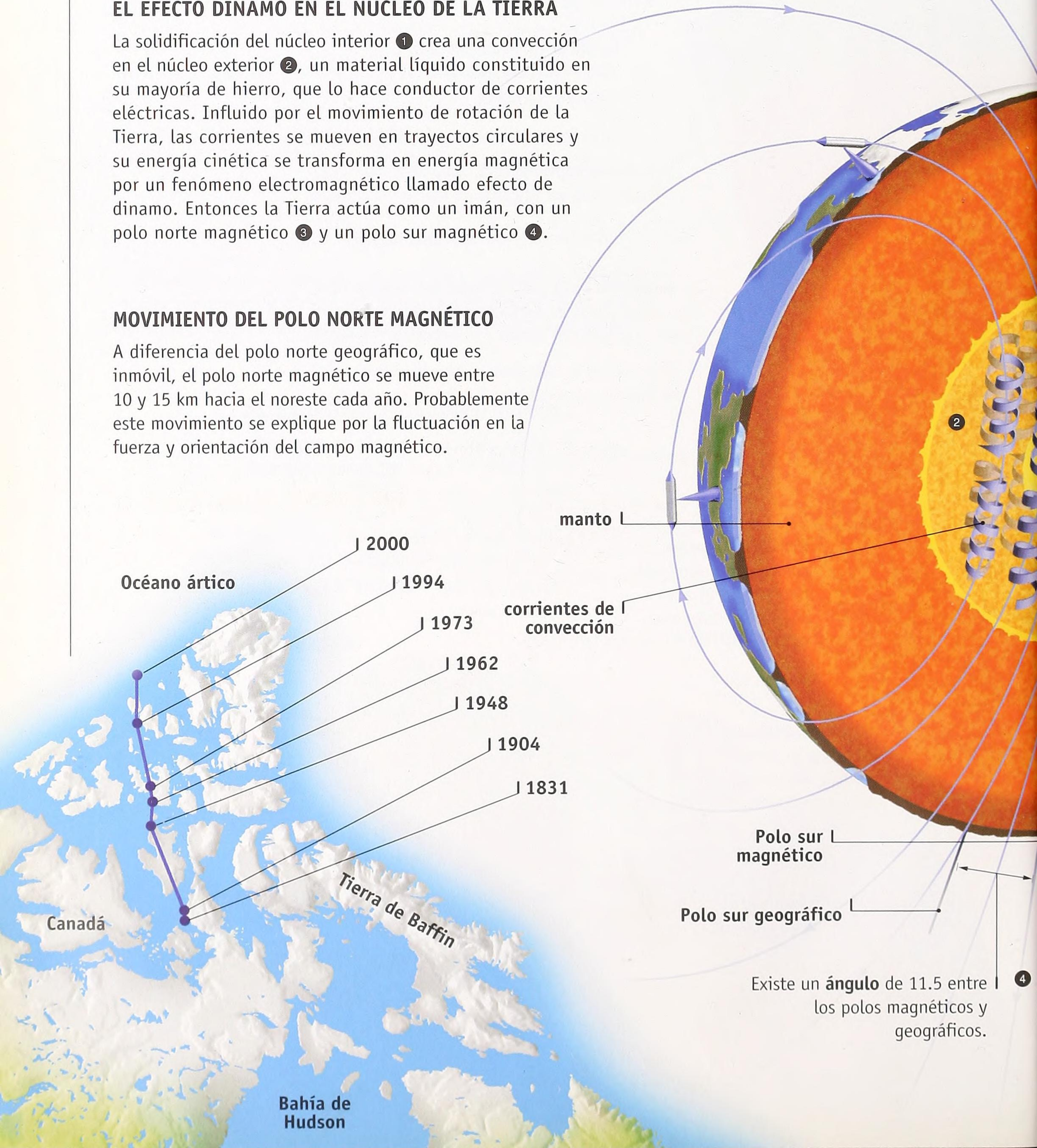
Cuando la aguja de una brújula se alinea en la dirección norte-sur, está respondiendo al campo magnético natural de la Tierra. El origen de este fenómeno, que también se da en otros objetos celestes, sigue siendo un misterio. La hipótesis más común es que ciertos mecanismos en el centro de la Tierra convierten al planeta en un imán gigante. Sin embargo, esta explicación no resuelve la cuestión de porqué se mueven los polos magnéticos, o porqué a veces se invierte la polaridad de los planetas.

## EL EFECTO DINAMO EN EL NÚCLEO DE LA TIERRA

La solidificación del núcleo interior ❶ crea una convección en el núcleo exterior ❷, un material líquido constituido en su mayoría de hierro, que lo hace conductor de corrientes eléctricas. Influida por el movimiento de rotación de la Tierra, las corrientes se mueven en trayectos circulares y su energía cinética se transforma en energía magnética por un fenómeno electromagnético llamado efecto de dinamo. Entonces la Tierra actúa como un imán, con un polo norte magnético ❸ y un polo sur magnético ❹.

## MOVIMIENTO DEL POLO NORTE MAGNÉTICO

A diferencia del polo norte geográfico, que es inmóvil, el polo norte magnético se mueve entre 10 y 15 km hacia el noreste cada año. Probablemente este movimiento se explique por la fluctuación en la fuerza y orientación del campo magnético.



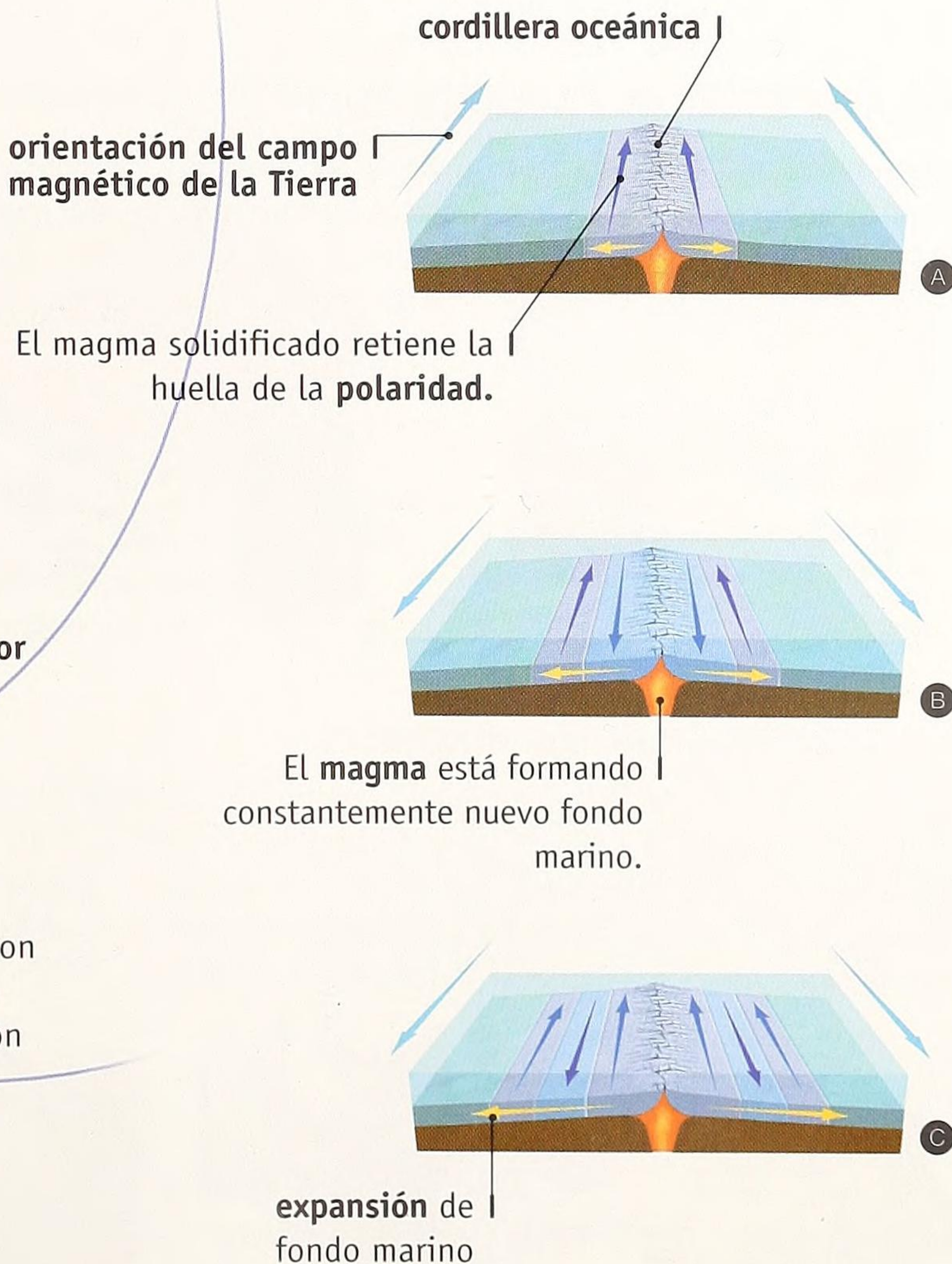
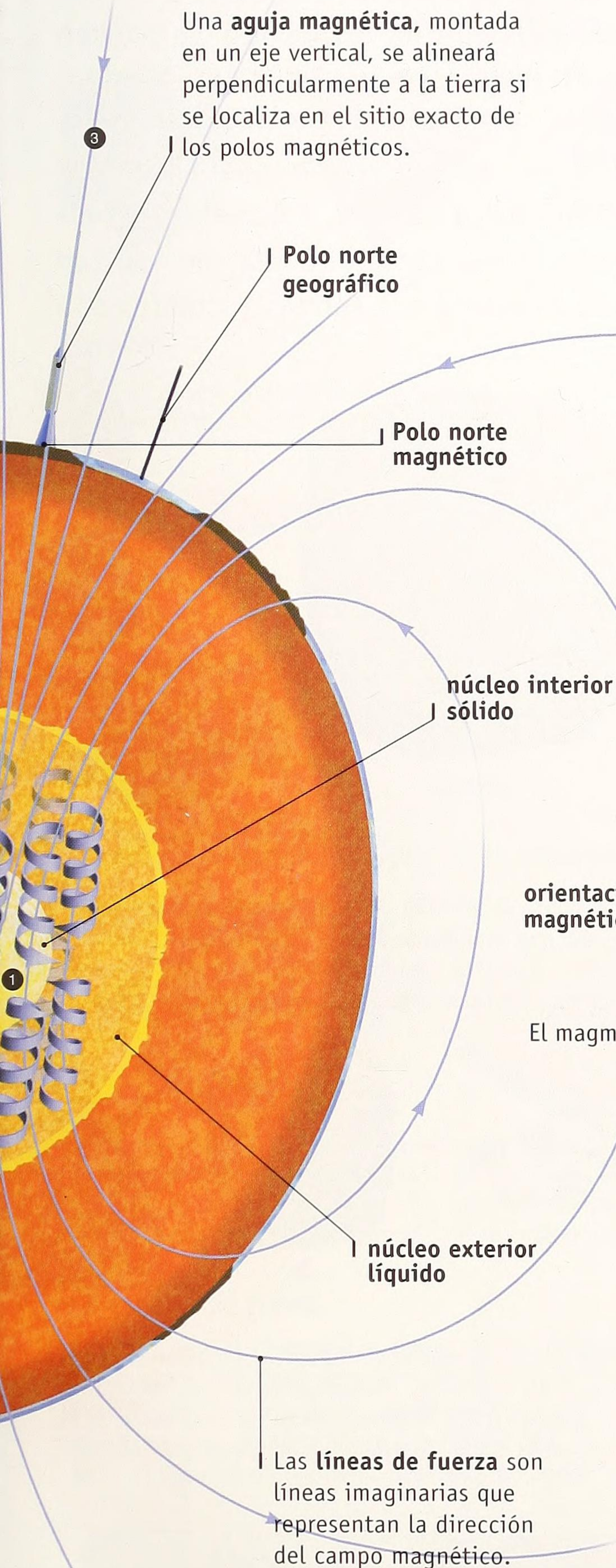


## PALEOMAGNETISMO

Periódicamente, los polos magnéticos invierten sus posiciones: el polo norte magnético se vuelve el polo sur magnético y viceversa. Esta inversión de la polaridad posiblemente sea causada por fluctuaciones en las corrientes de convección en el núcleo exterior.

La exploración del fondo marino en ambos lados de las cordilleras oceánicas ha permitido a los científicos analizar este fenómeno. Una expansión de fondo marino permite que el magma suba a la superficie, donde solidifica y mantiene una huella de la polaridad de la Tierra en ese momento **A**. El campo magnético se debilita gradualmente y pierde su polaridad, que se regenera en la dirección opuesta, y esta nueva polaridad deja su huella en la lava que surge después **B**. Al estudiar los cambios de polaridad registrados en el fondo marino, los científicos pueden datar la sucesión de inversiones del campo magnético de la Tierra **C**.

Se ha descubierto que el proceso de inversión tarda no menos de 5,000 años. Una vez establecida, la nueva polaridad permanece por cientos de miles o incluso millones de años.





# Los minerales

## El núcleo cristalino de las rocas

La corteza de la Tierra se compone de rocas y minerales. Existen cerca de 3,500 minerales, cada uno de los cuales es muy diferente de los demás. Se pueden clasificar de acuerdo con características muy específicas: color, rayado, transparencia, dureza, estructura cristalina, y las facies son algunas de las muchas características que se usan para agruparlos por familias. Algunos minerales no son abundantes, y otros son en verdad escasos. Algunos, como los diamantes, se consideran piedras preciosas. Otras, como el ágata, no son tan valiosas como las piedras preciosas, pero debido a sus formas y colores son gemas, minerales que se usan en joyería.

### ¿ROCA O MINERAL?

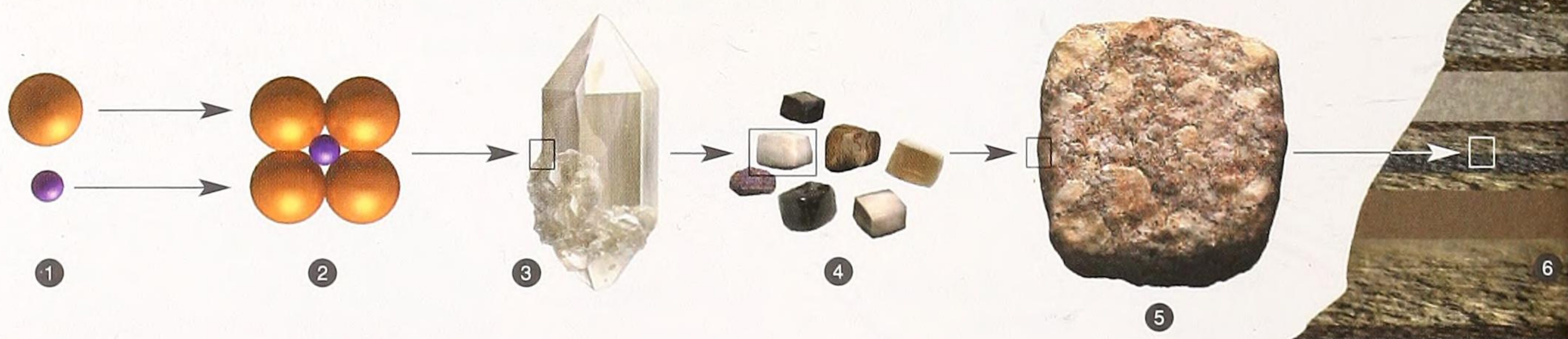
A menudo se confunden las rocas con los minerales. De hecho, las rocas son agregados de varios minerales. El granito, por ejemplo, está hecho de cuarzo, feldespato y mica.

Los minerales son cuerpos sólidos inorgánicos, producidos naturalmente, que tienen una composición química y estructura atómica definidas.



### ENLACES QUÍMICOS Y AGLOMERACIÓN

La combinación de elementos químicos ❶ constituye el punto de partida de la formación de minerales. Forman estructuras moleculares básicas llamadas células ❷, que se enlazan a otras células para formar un sólido con una estructura bien definida: un cristal ❸. Sujetos a presión subterránea, los diferentes cristales se aglomeran ❹ para producir rocas ❺ que se encuentran en el subsuelo ❻.



### LA COMPOSICIÓN DE LOS MINERALES

Los minerales se clasifican en nueve familias de acuerdo con su composición química. Algunos de ellos, como los elementos nativos cuya característica principal es que están formados de un solo elemento químico, son más conocidos que otros. Los metales, como el oro y la plata, están en esta familia. El diamante y el grafito también son elementos nativos; ambos están compuestos de átomos de carbón, aunque su color, transparencia y dureza sea distinta.



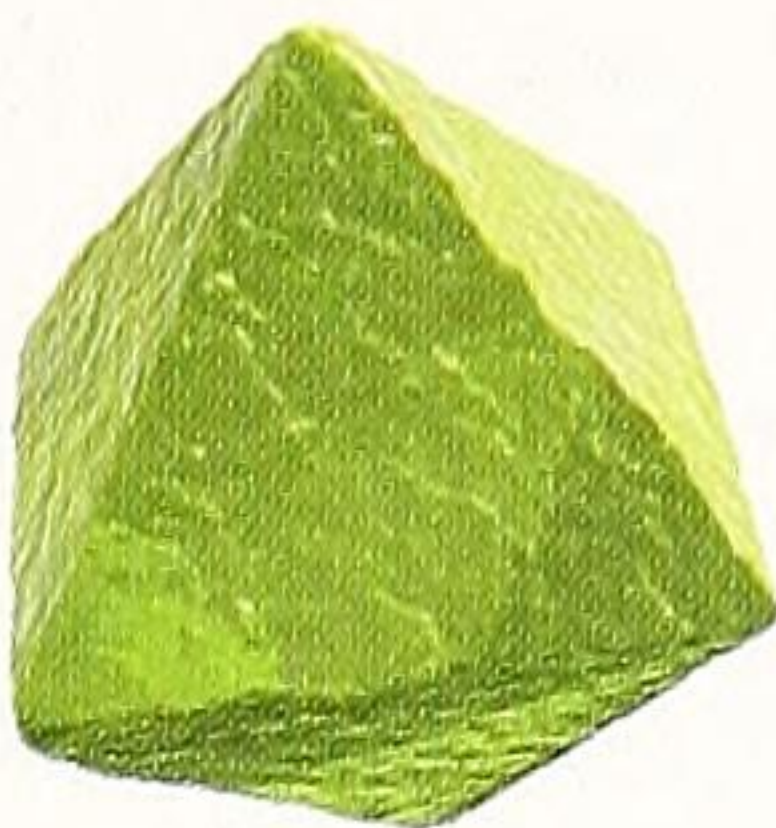


COLOR

Los minerales pueden ser identificados por su color. Algunos minerales, como la malaquita, son siempre del mismo color. Otros, como la fluorita y el cuarzo, se encuentran en varios colores, dependiendo de la clase de impurezas presentes cuando se formaron. Se les llama alocromáticos.



malaquita



fluorina morada, amarilla y verde



cuarzo rosa y blanco

RAYADO

Una raya es una línea de polvo que deja un mineral sobre una superficie de porcelana no pulida. Los minerales de la misma estructura cristalina siempre dejan una raya del mismo color.



La raya de la **crocoíta** es anaranjada-amarilla.



Aunque la **calcopirita** es de color dorado, su raya es siempre de un negro verdoso.



El **cinabrio** deja una raya roja.

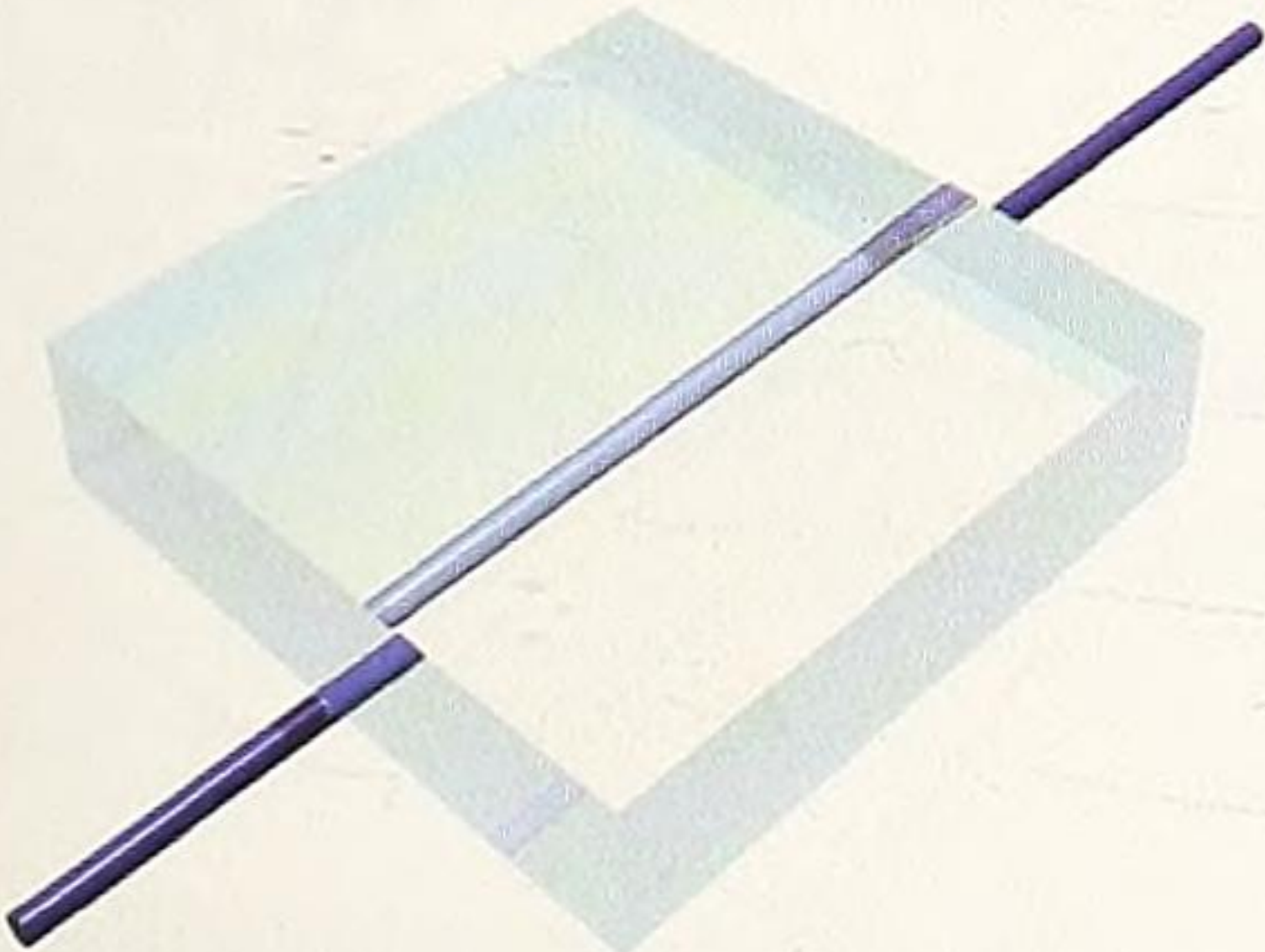


El **oropimente** deja una raya dorado-amarilla.

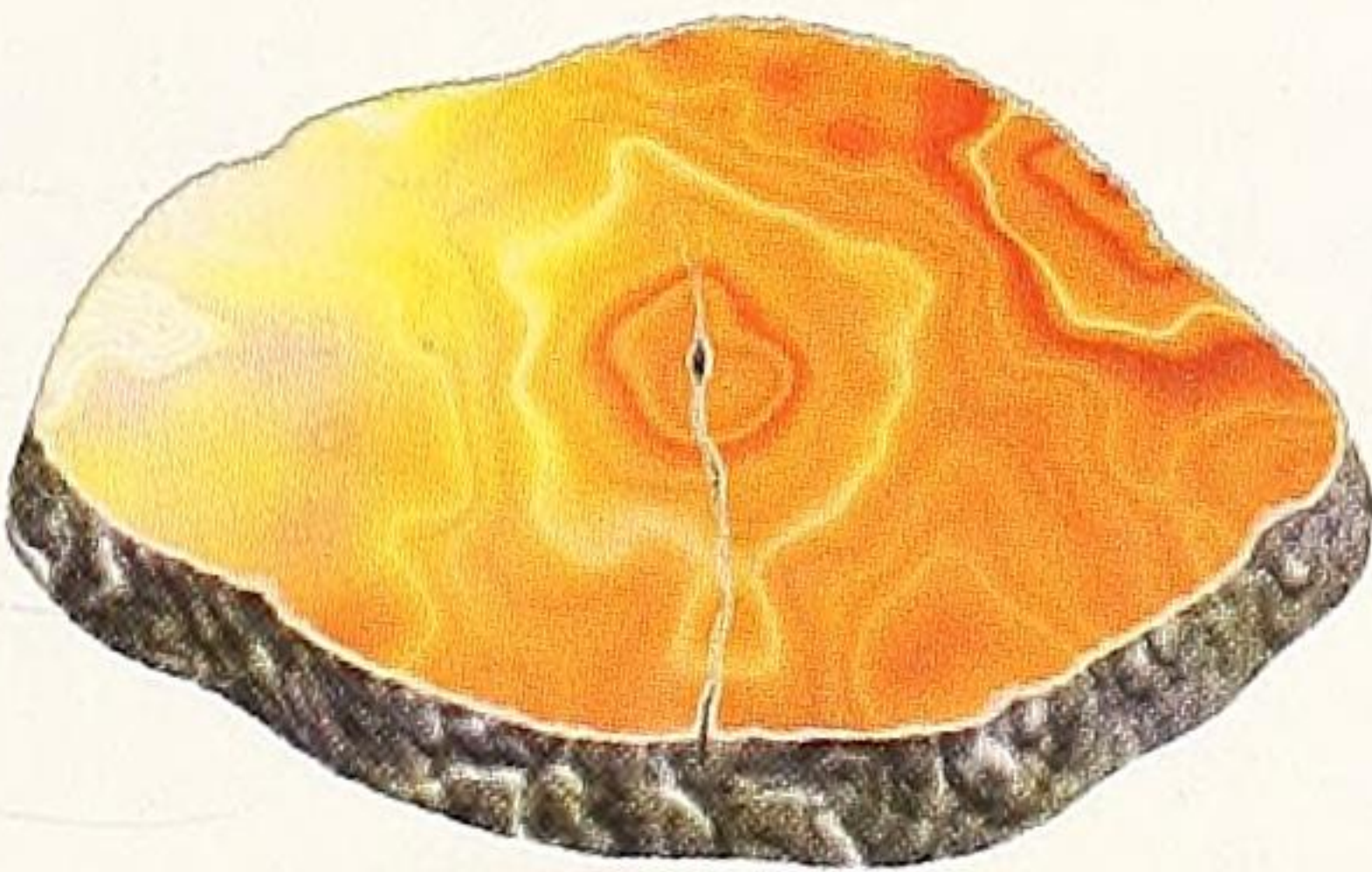


TRANSPARENCIA

La cantidad de luz que un mineral admite atestigua su transparencia, translucidez u opacidad.



Si podemos ver un objeto a través del mineral, es **transparente**. El cuarzo posee esta característica.



Si sólo la luz pasa a través de él, es **translúcido**. El ágata tiene esta característica.



Un mineral que no admite luz es **opaco**. El cobre es un buen ejemplo.

LA ESCALA DE MOHS

La escala de Mohs compara la dureza de los minerales en una escala de 1 a 10, desde el más suave (1) hasta el más duro (10). Cada mineral se clasifica de acuerdo con cuánto raya a los demás o cuánto lo rayan otros. Por ejemplo, el talco, al que puede rayar una uña, tiene una dureza de 1, mientras la calcita, que puede ser rayada con una moneda, tiene una dureza de 3. El cuarzo, que puede ser rayado con vidrio, tiene una dureza de 7. El diamante, el mineral más duro, no puede ser rayado, por lo que tiene la calificación más alta.



talco



yeso



calcita



fluorita



apatito



ortosa



cuarzo



topacio



corindón



diamante

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|



# Formas minerales

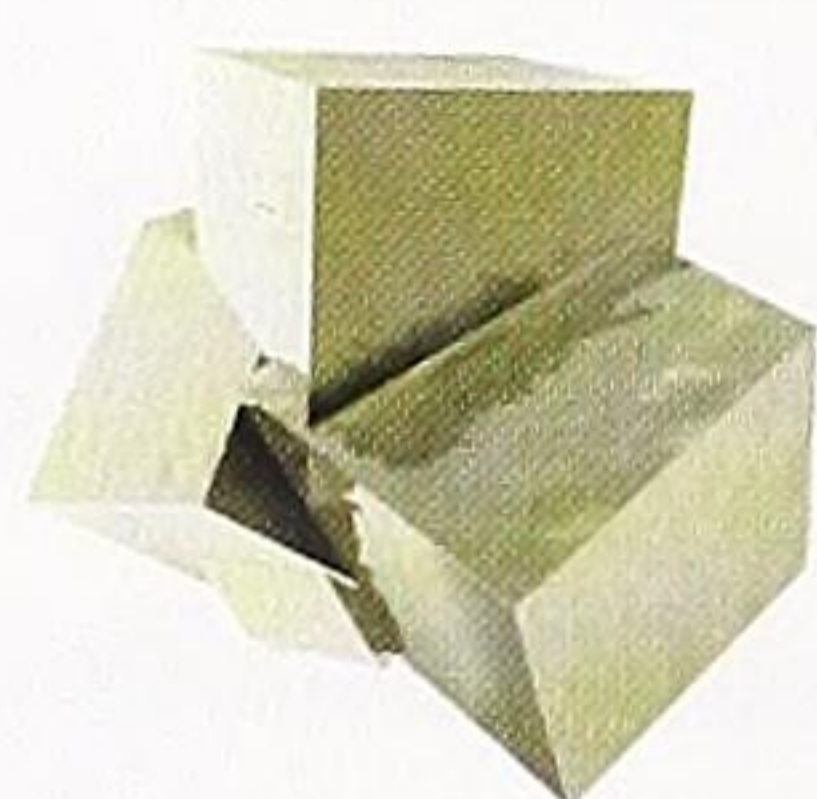
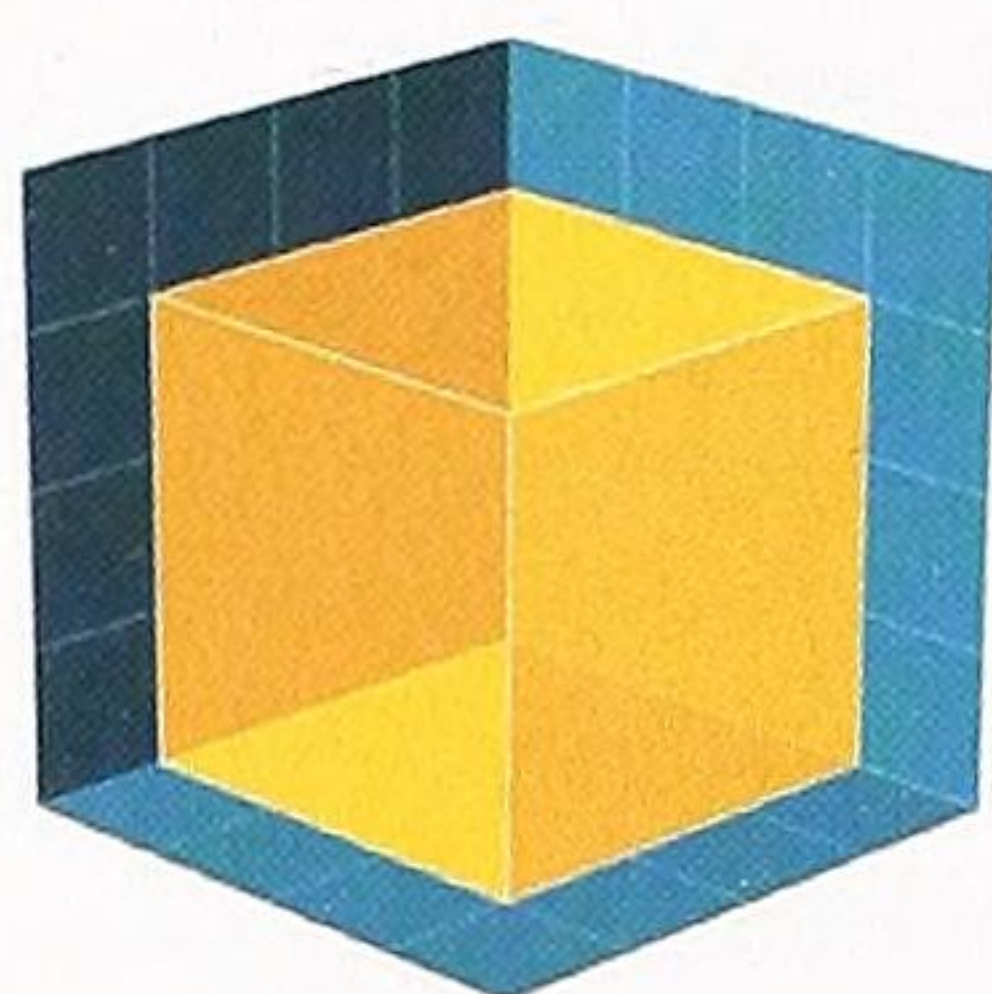
*Estructuras y facies*

Aun si no se pueden apreciar a simple vista, la característica básica de los minerales es su estructura atómica específica. Cuando los minerales se desarrollan sin restricciones en las profundidades de la tierra, los cristales que los forman tienen caras y ángulos que son específicos de cada familia, sin importar su forma o tamaño. La cristalografía es el estudio de las diferentes estructuras de los cristales de acuerdo con leyes muy precisas.

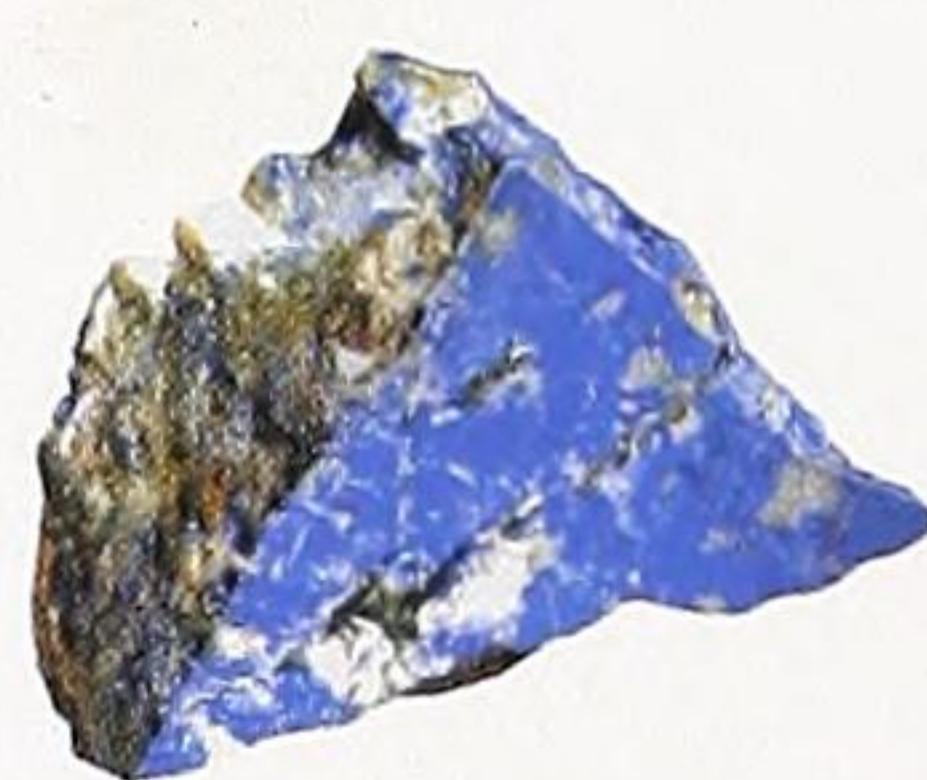
## SISTEMAS DE CRISTALES

Existen siete sistemas de cristales que determinan los tipos minerales. Como estos sistemas se establecen de acuerdo con el modo en que los átomos que componen los cristales se unen entre sí, revelan la estructura interna de los minerales y no su aspecto externo.

### CÚBICOS (O ISOMÉTRICOS)



La **pirita** se parece mucho al oro, pero es mucho más dura.

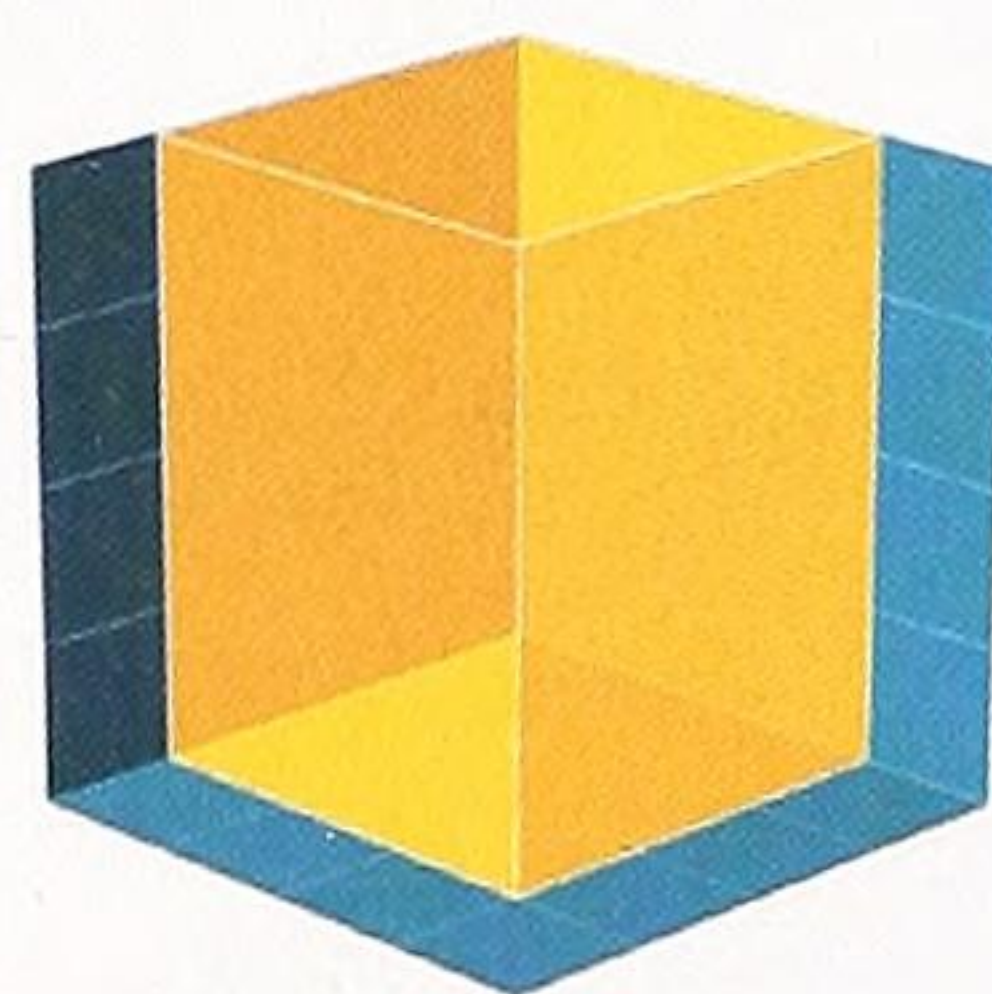


El **lapislázuli** se usa desde hace mucho en joyería.



Los **granates** pueden ser de varios colores: rojo, anaranjado, verde e incluso claros.

### TETRAGONALES



Pulido y cortado, el **zirconio** puede parecer un diamante, pero no es tan duro.

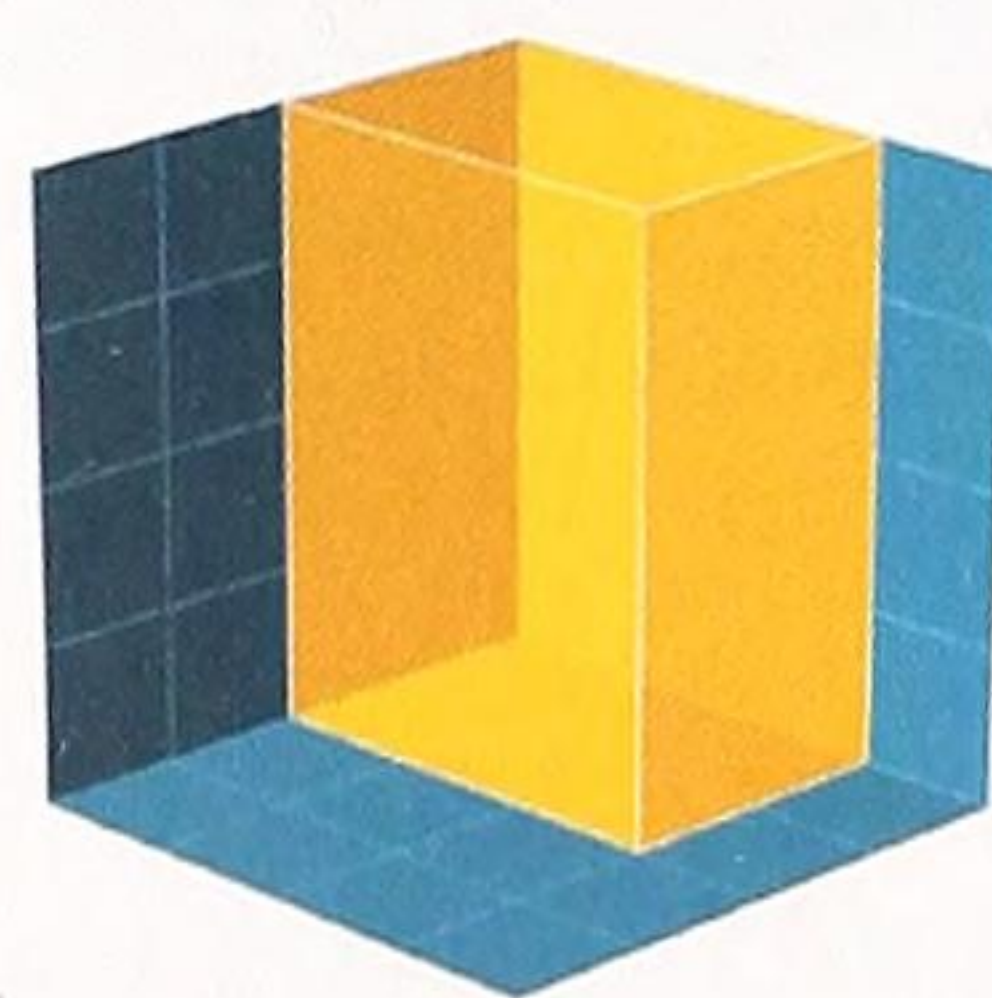


La **vesubianita**, también llamada idocrasa, fue descubierta a los pies del Monte Vesubio.



La **casiterita** es un mineral del que se extrae estaño.

### ORTORÓMBICO



Aunque no es una piedra preciosa, el **topacio** es una gema buscada.

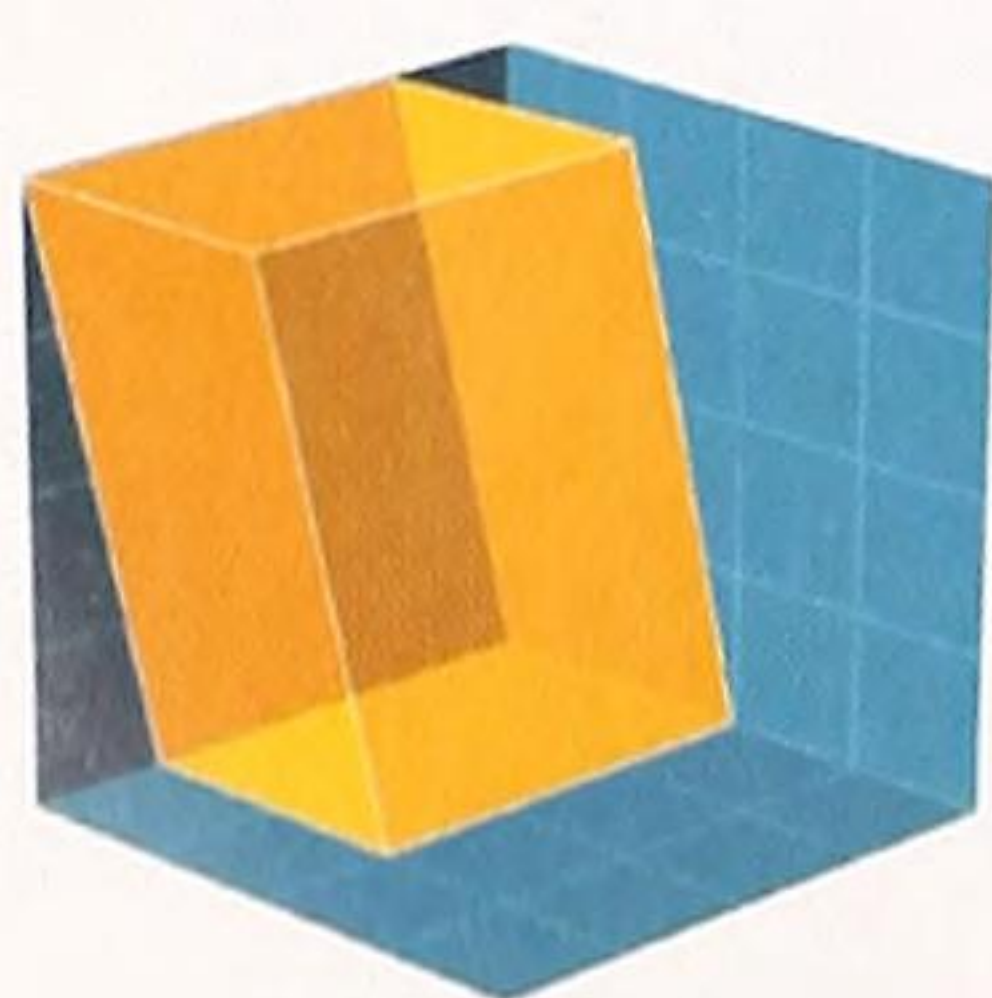


La **barita** se usa para hacer bario, que se utiliza en análisis radiográfico.



El **olivino** se encuentra a menudo en lava solidificada.

### MONOCLÍNICO



La **jadeita** no siempre es verde, puede ser blanca, anaranjada o violeta.



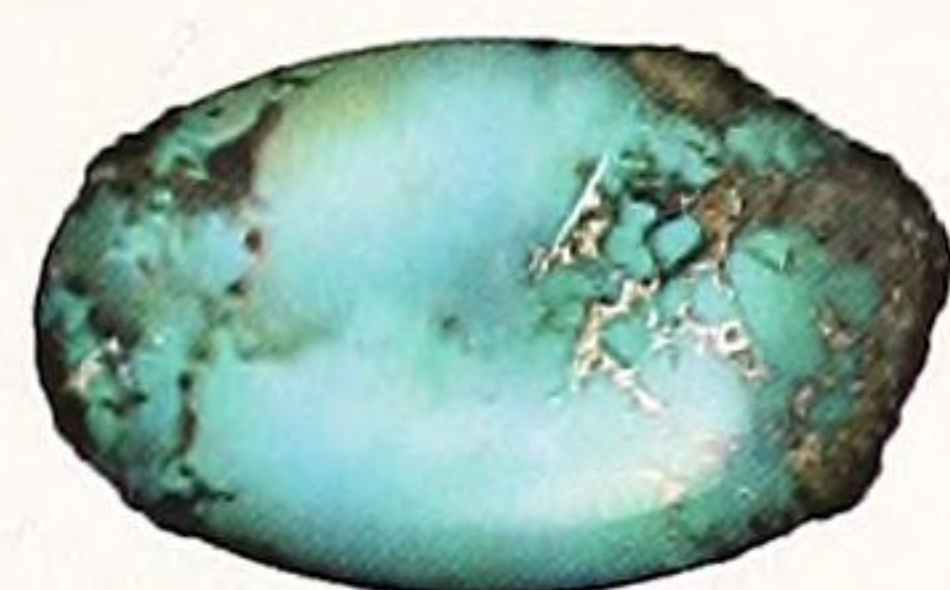
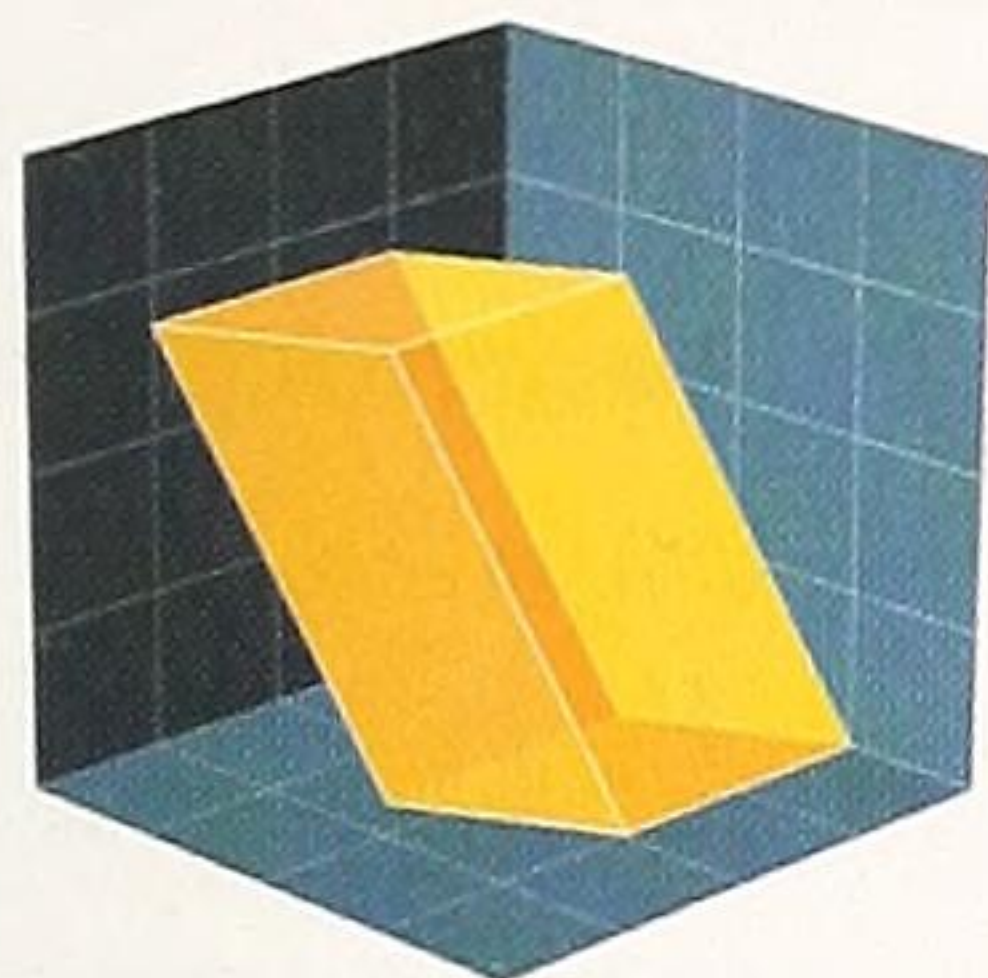
El **polvo de azurita** se ha usado desde hace mucho como pigmento azul en pintura.



El titanio se extrae de la **titanita**, o esfena.



## TRICLÍNICO

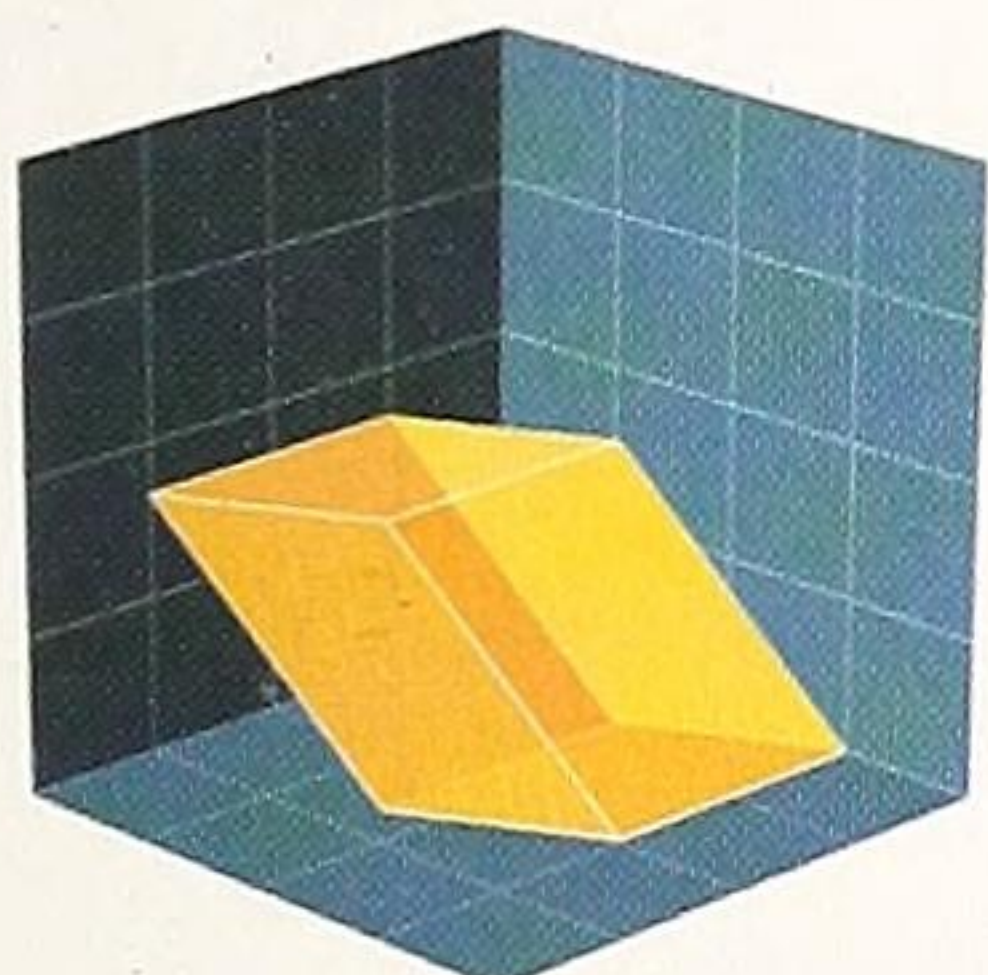


El color característico de la **turquesa** proviene de su contenido de cobre y hierro; mientras más hierro tiene, más verde es.

La **amazonita** se usa como gema por su color verde-azul.

La **rodonita** toma su nombre de la palabra griega rhodon, que significa "rosa".

## ROMBOÉDRICOS

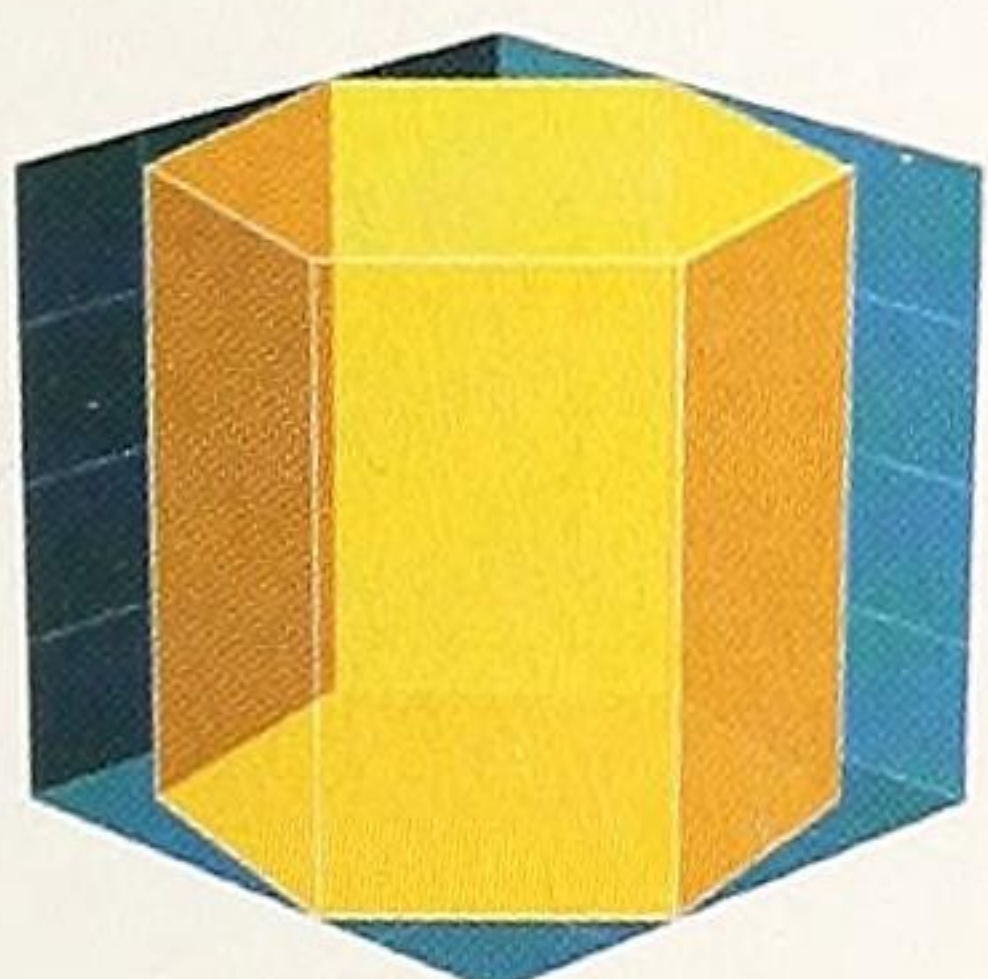


Debido a sus pigmentos rojos, la **hematites** se ha usado desde hace mucho para fabricar cosméticos.

Una sola piedra de **turmalina** puede ser de varios colores.

Las impurezas del cuarzo le dan a la **amatista** su color.

## HEXAGONAL



La **esmeralda**, un tipo de berilio, es una de las cuatro piedras preciosas reconocidas.

El **rubí**, como el zafiro, es un corindón. Su color rojo lo distingue del zafiro, que es azul.

El **aguamarina** es una variedad transparente de berilio. El calor intensifica su color azul.

## LA FACIES

Mientras el sistema de cristales se refiere a la estructura interna de un mineral, la facies se refiere a su aspecto y forma exterior en general. Es el resultado del desarrollo disparejo de las caras de un cristal, que sufre muchas presiones mientras se forma en el subsuelo.

### MASIVO



oro

Estos minerales se ven sólidos y redondos.

### RENIFORME



hematites

Estos cristales tienen forma de riñón.

### LAMINAR



grafito

Estos cristales se caracterizan por depresiones finas y paralelas.

### ACICULARES



esolecita

Estos cristales tienen muchas agujas densas.

### PRISMÁTICOS



berilio

Un número de caras alineadas paralelamente le dan forma.

### DENDRÍTICOS



plata

Estos cristales tienen una forma arborescente.



# El ciclo de las rocas

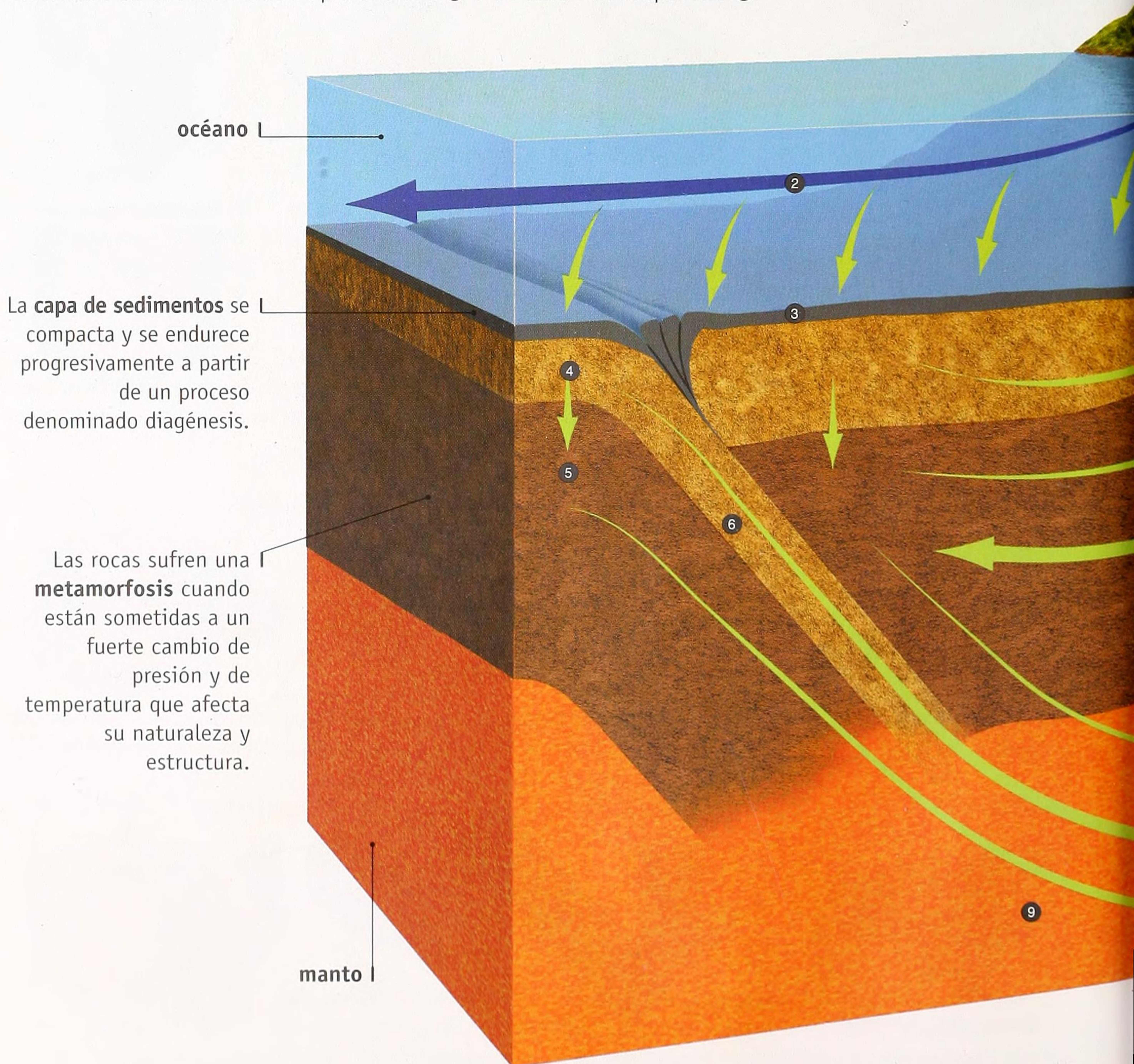
*La materia terrestre en constante evolución*

Se dice a menudo, inmutable y sólida como la roca, lo que significa que nunca va cambiar. Sin embargo, contrariamente a lo que se puede pensar, las rocas evolucionan permanentemente. Se forman, deforman y transforman continuamente, sumergiéndose en la superficie de la tierra hacia su profundidad, para luego emerger otra vez.

Recicladas por la naturaleza y sometidas a procesos químicos y físicos durante millones de años, las rocas se desarrollan en tres modos: la sedimentación, la metamorfosis o el magmatismo.

## LA SEDIMENTACIÓN

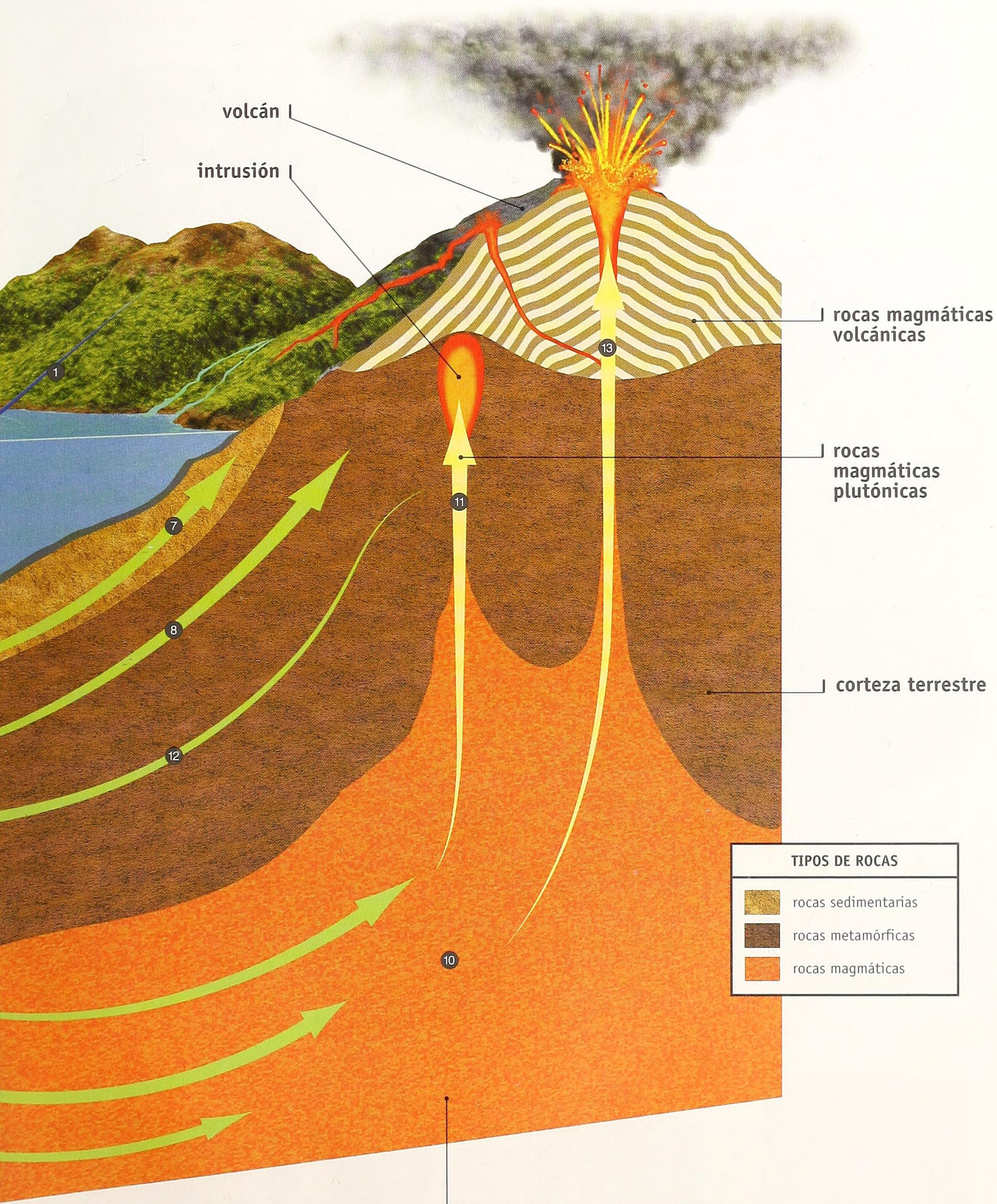
Rotas por distintos fenómenos climatológicos como el viento y la lluvia ❶ Disgregadas por la erosión ❷, las rocas se deshacen en pequeñas partes. Estas partículas son transportadas por los ríos y las corrientes marinas ❸, después se depositan para formar poco a poco rocas sedimentarias ❹, que suben lentamente hacia la corteza terrestre ❺. Los movimientos tectónicos las arrastran más en profundidad ❻ o las llevan a la superficie ❼.





LA METAMORFOSIS Y EL MAGMATISMO

Sometidas a fuertes presiones y altas temperaturas, las rocas sufren importantes metamorfosis. Algunas de estas rocas metamórficas suben a la superficie ⑧, mientras otras se hunden más profundamente en el manto ⑨, donde se funden y se transforman en magma ⑩. Cuando el magma sube de nuevo hasta la corteza terrestre ⑪, a veces se solidifica antes de llegar a la superficie, formando así las rocas magmáticas plutónicas ⑫. Al contrario, las rocas magmáticas volcánicas permanecen en estado líquido (lava) hasta el momento de su expulsión ⑬ y se solidifican sólo al contacto con el aire.



A temperaturas entre los 700 y 1400°C, las rocas se funden y se transforman en **magma viscoso**.



# Los tipos de rocas

*Una extraordinaria diversidad*

Las rocas están definidas como un conjunto de minerales: son sólidos que se componen de una inmensa variedad de combinaciones de elementos químicos hoy en día bien conocidos. Se han clasificado aproximadamente 3,500 especies de minerales y se descubren regularmente otras nuevas. Este enorme conjunto se divide en tres categorías: las rocas sedimentarias, metamórficas y magmáticas.

## LAS ROCAS SEDIMENTARIAS

Las rocas sedimentarias se forman sobre la superficie de la Tierra o en las aguas. Lejos de estar compuestas sólo por elementos minerales, contienen también restos de animales y vegetales que se han ligado con minerales particulares. Se distinguen tres tipos de rocas sedimentarias: las rocas biógenas, que provienen de residuos orgánicos; las rocas detríticas, que están compuestas por diferentes restos, y las rocas de origen químico.



La **sal gema** es una roca de origen química que hace parte de los evaporados: se forma por precipitación cuando el agua del mar se evapora y crea un depósito de sal.



Formada por la aglomeración de granos de arena, la **arenisca** es una roca detrítica que se utiliza a menudo como material de construcción.



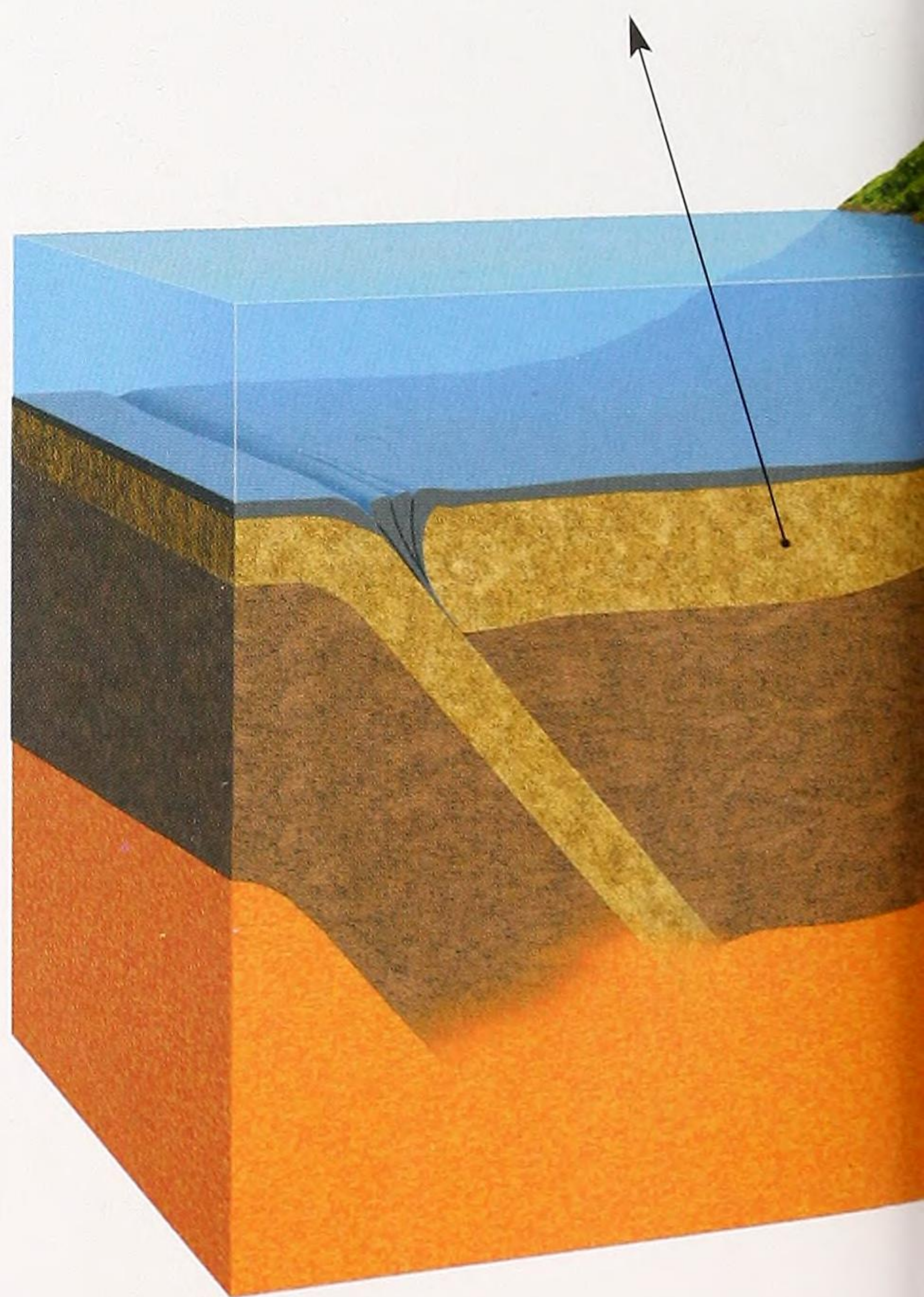
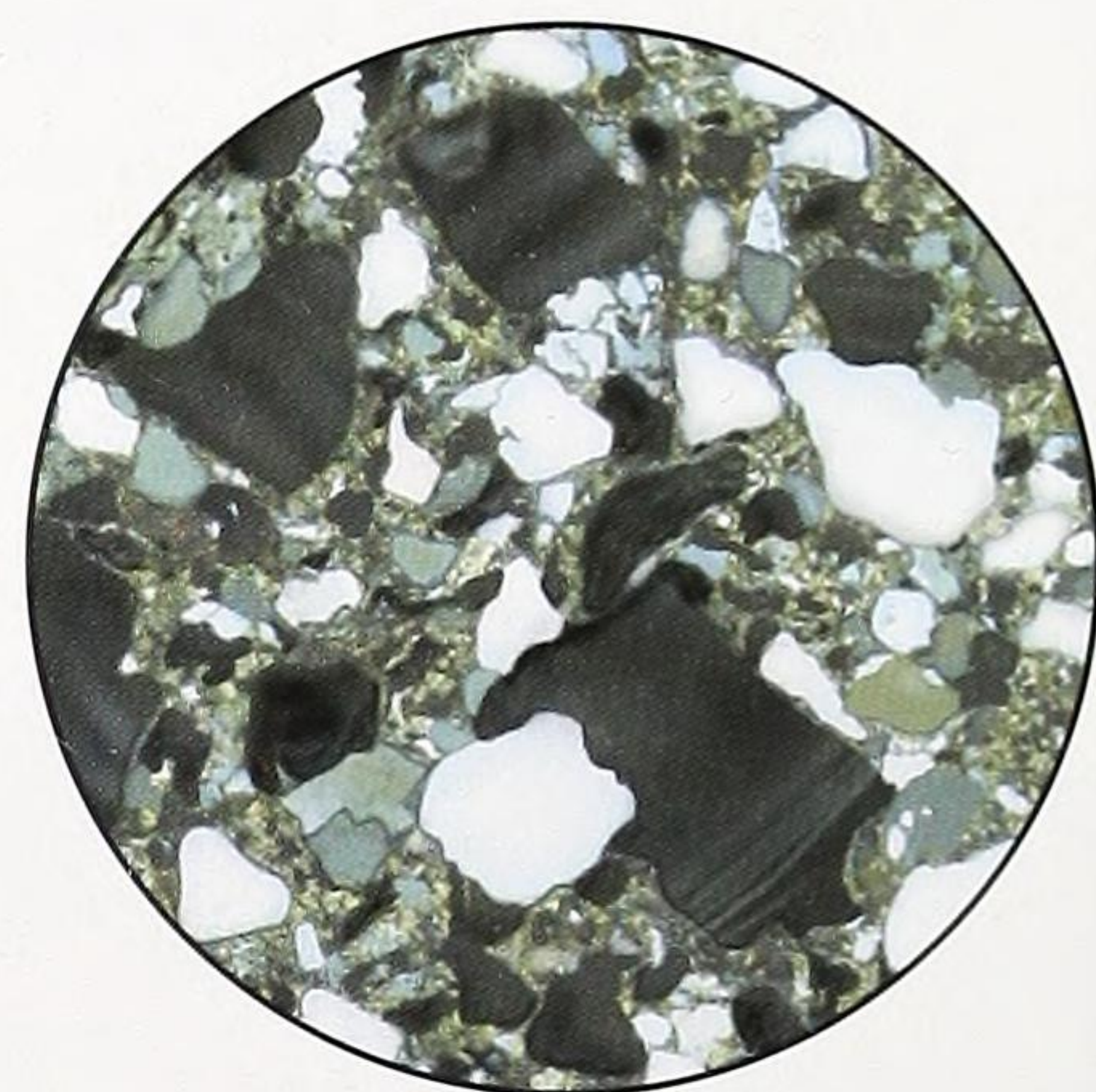
El **yeso**, compuesto principalmente por calcita, es una roca con granos muy finos, cuya textura es friable y porosa. Es una roca biógena formada por micro fósiles marinos.



El **carbón piedra** es una roca biógena compuesta por residuos de vegetales que se forma en las aguas poco profundas, normalmente en los pantanos. Más conocido con el simple nombre de carbón, se utiliza como combustible.



La **caliza** es una roca biógena que contiene residuos de conchas. La caliza fosilífera es una caliza que contiene fósiles.





## LAS ROCAS METAMÓRFICAS

Las rocas metamórficas son rocas que han sido sometidas a una presión y temperatura muy intensas y por lo tanto su estructura ha sido modificada. En estas condiciones, no se han fundido pero las mismas se han cristalizado y presentan además una estructura exfoliada o estriada.

La **ortocuarcita** ha nacido de la metamorfosis de la arenisca silícea. Está compuesta por cuarzo en agregados.



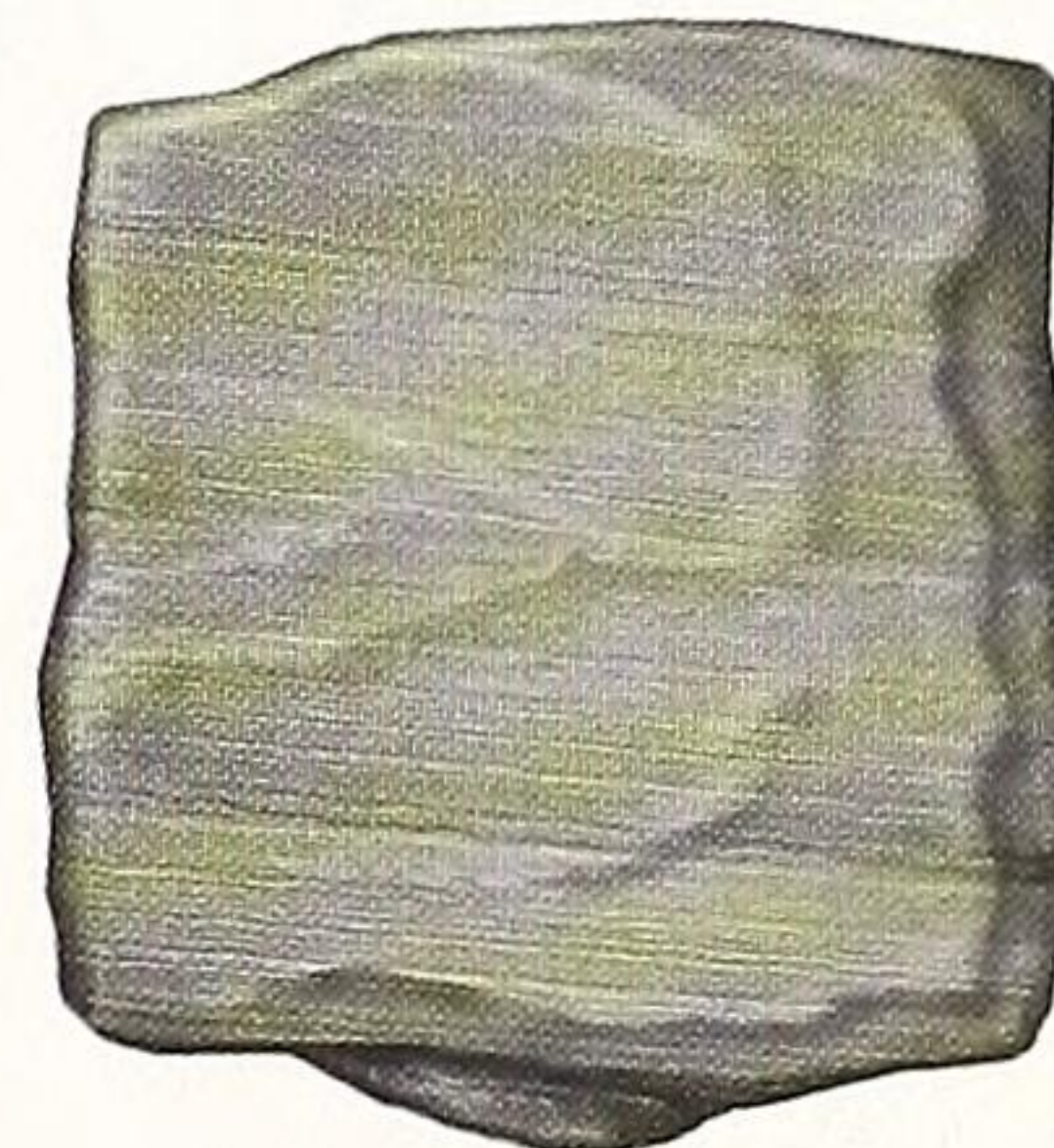
El **gneis granítico** es una roca exfoliada que proviene de la deformación del granito. Está compuesta por delgadas capas claras y oscuras.



Sometida al calor o a la presión la caliza se transforma en **mármol**. Es una roca veteadada con diferentes colores y muy apreciada desde hace siglos por los arquitectos y los escultores. El mármol de Carrara en Italia, es uno de los más famosos.



La presión y el calor transforman el esquisto arcilloso en **pizarra**. Negra, verde o gris, la pizarra se exfolia fácilmente; se utiliza desde hace mucho tiempo para construir los techos y las pizarras.



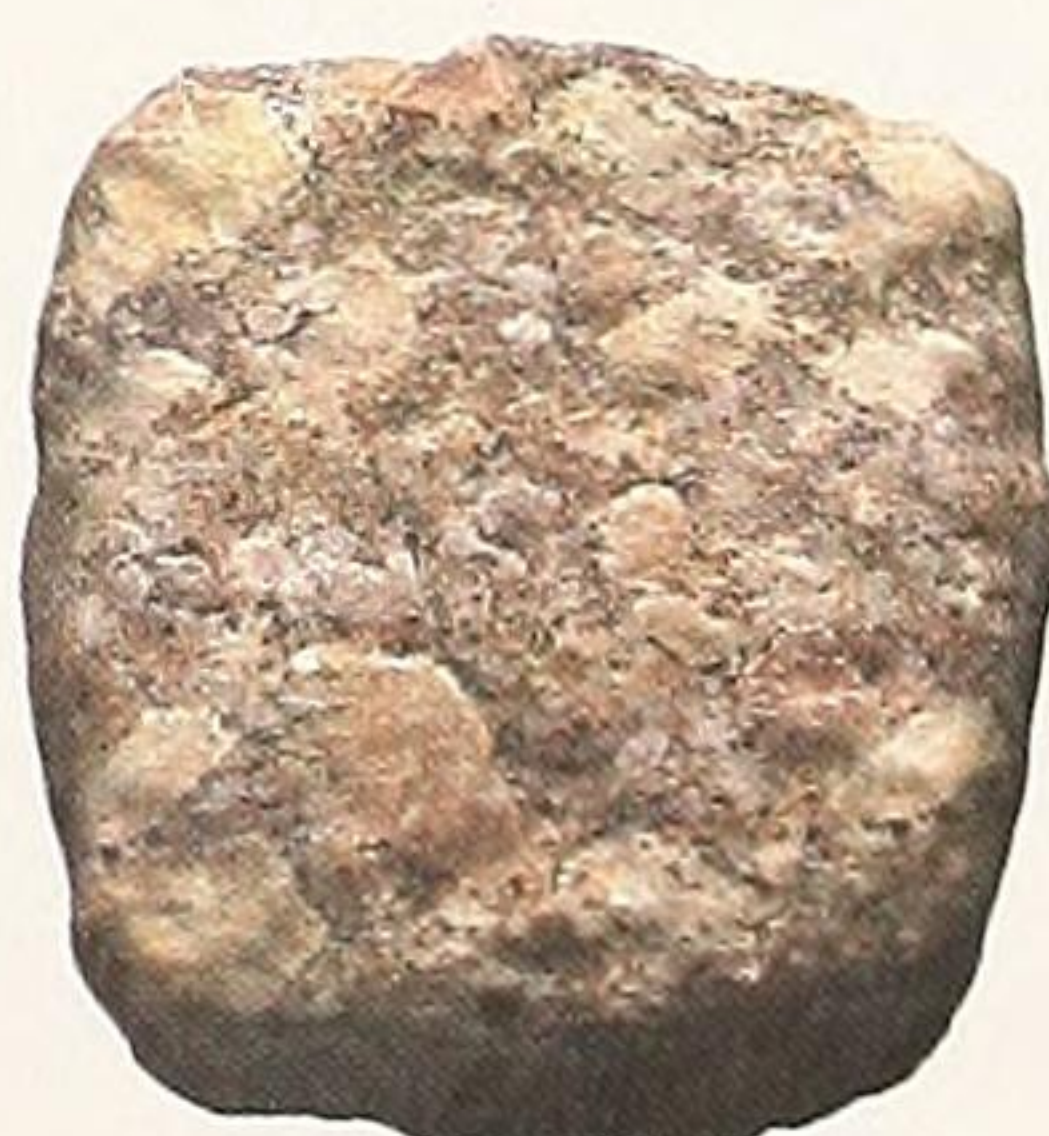
## LAS ROCAS MAGMÁTICAS

Las rocas magmáticas (o rocas ígneas) provienen normalmente del manto superior de la Tierra, donde el magma se funde parcialmente. Según su velocidad de enfriamiento, el grano de estas rocas será más o menos fino. Las rocas plutónicas (o intrusivas), que se solidifican lentamente, tienen un grano grueso, mientras que las rocas volcánicas (o efusivas), que se solidifican rápidamente alcanzando la superficie, tienen un grano fino.

El **basalto** la roca volcánica más común. Es el resultado de la solidificación de la lava, es de color oscuro, normalmente negro o verde. Muchas islas volcánicas, incluidas las de Hawai, están compuestas principalmente por basalto.



Esencialmente compuesto por cuarzo, feldespatos y mica, el **granito** es la roca plutónica más conocida. Los granitos rosas o pulidos se utilizan a menudo para la construcción de monumentos o edificios.



l manto





A pesar de parecer inmóvil, la tierra en que nos paramos se mueve varios centímetros cada año. Las **inmensas placas que forman la corteza de la Tierra** se desplazan en la superficie del planeta y chocan entre sí, creando montañas y mares. De hecho, estos movimientos lentos pero continuos, son responsables de la mayoría de los fenómenos más repentinos y devastadores del planeta: **erupciones volcánicas y terremotos.**







# Tectónica y vulcanismo

- 32 **Tectónica de placas**  
*La superficie de la Tierra en movimiento*
- 34 **El destino de Pangea**  
*La fragmentación de un supercontinente*
- 36 **Deriva continental**  
*La Tierra, del pasado al futuro*
- 38 **Volcanes**  
*Montañas asombrosas*
- 40 **Vulcanismo**  
*Una amenaza trepidante por todo el mundo*
- 42 **Erupciones volcánicas**  
*Cuando estallan las cumbres de las montañas*
- 43 **Zonas calientes**  
*Volcanes en fila*
- 44 **Géiseres**  
*Cuando la Tierra escupe agua*
- 46 **Terremotos**  
*Una repentina liberación de energía*
- 48 **Ondas sísmicas**  
*Medida y localización de terremotos*



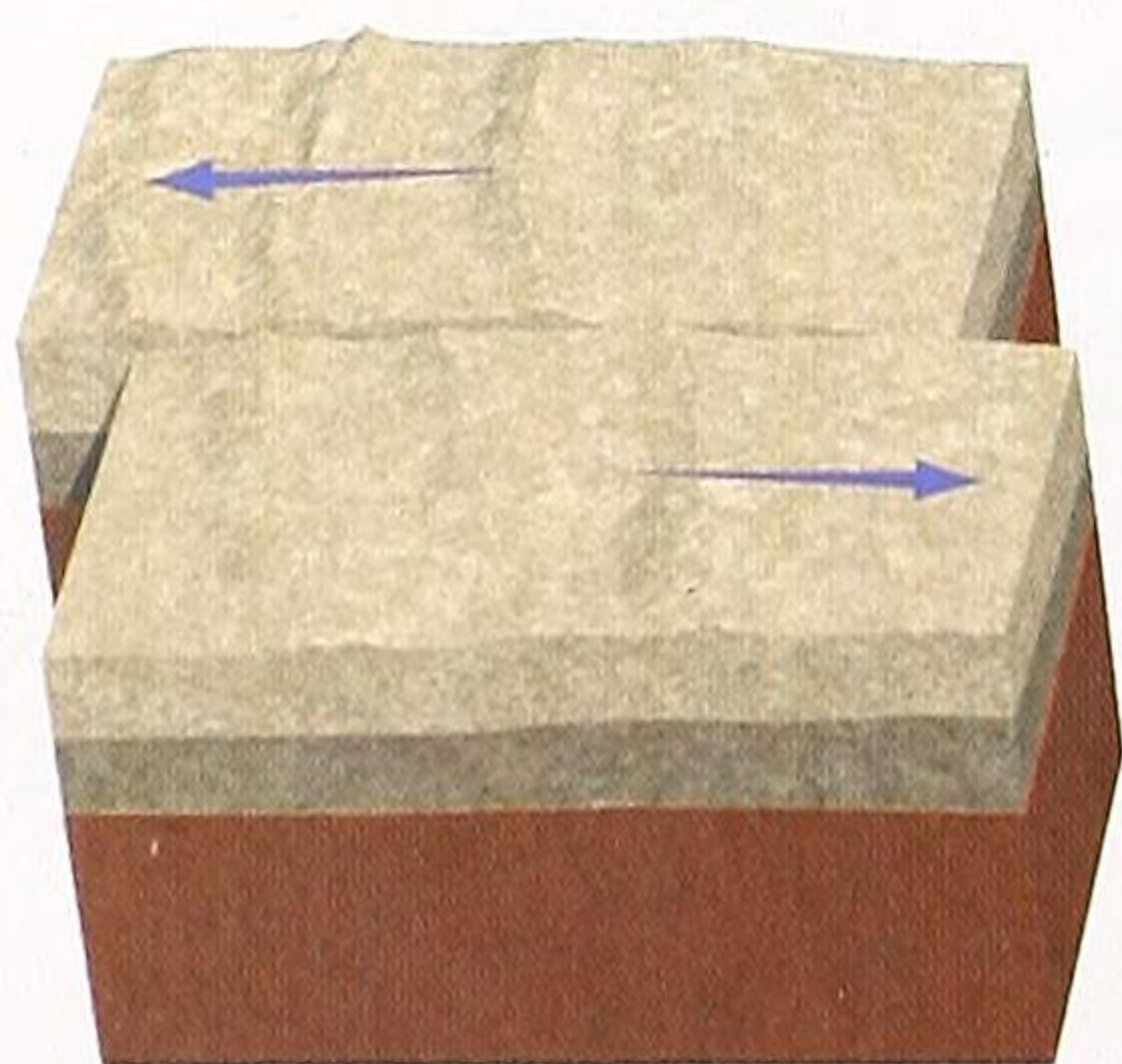
# La tectónica de placas

*Una superficie en movimiento*

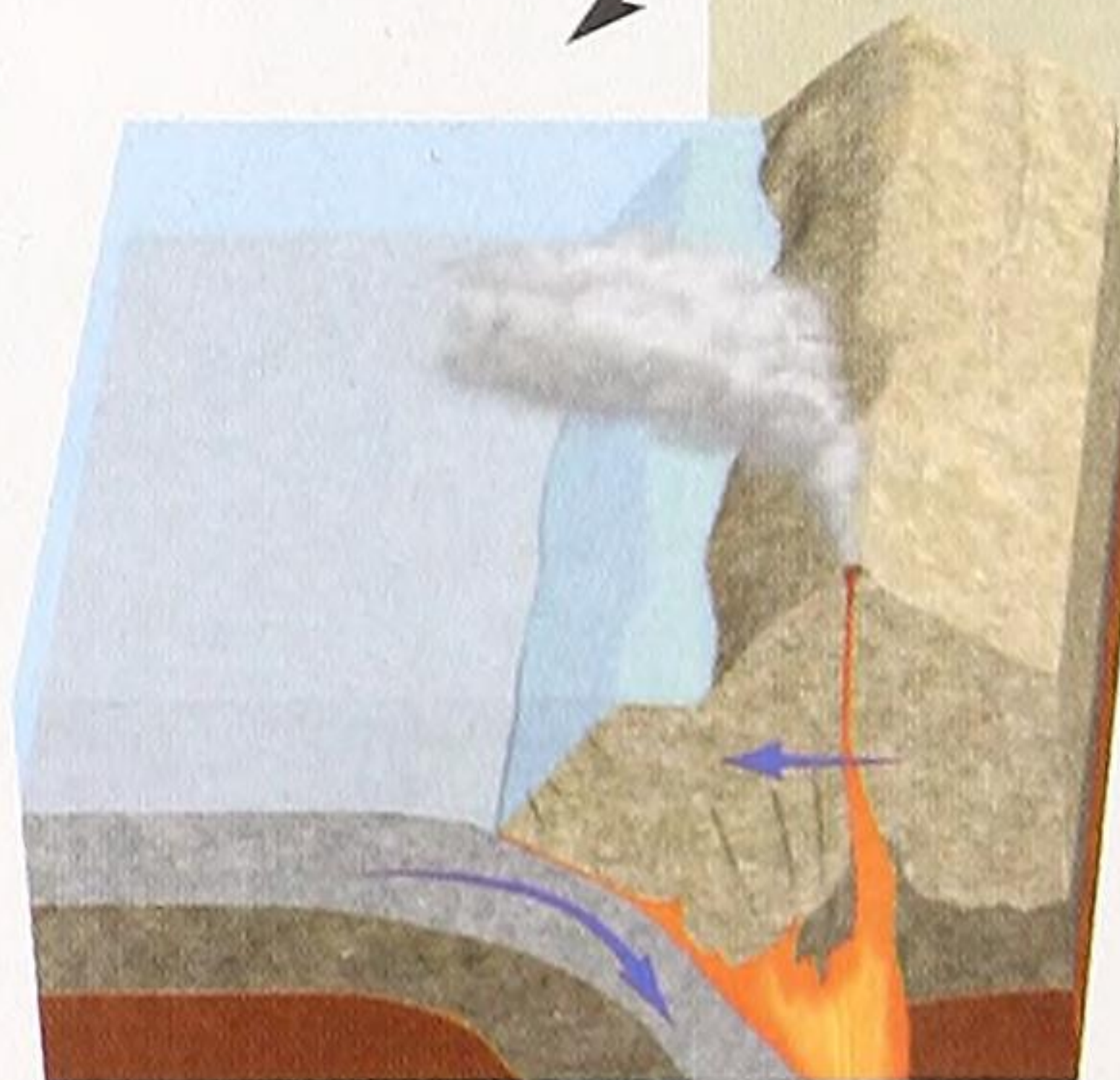
El suelo sobre el que nos encontramos es mucho menos fijo de lo que nos parece: cada año, Europa y América del Norte se alejan uno del otro 2.5 cm, mientras que India y Asia se acercan de 4 a 6 cm; por otra lado, algunas partes del globo se desplazan 18 cm. Este fenómeno, que se denomina tectónica de placas, se debe a que la litosfera (capa externa de la Tierra) se ha fragmentado en una docena de placas (inmensas superficies sólidas, unos 100 Km de espesor) que se deslizan sobre la astenosfera, una parte del manto superior de la tierra.

## PLACAS CONVERGENTES, DIVERGENTES Y TRANSFORMANTES

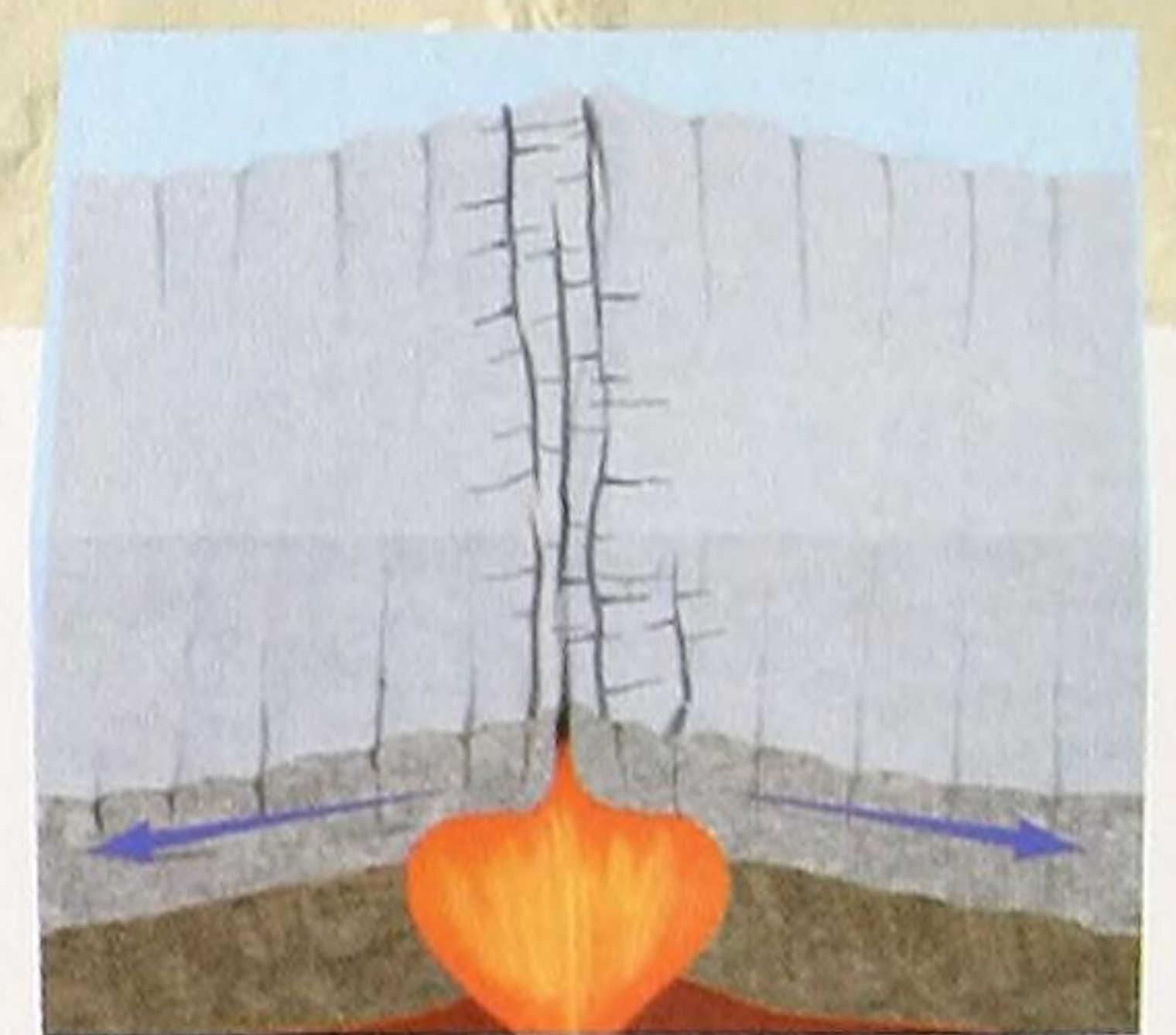
La tectónica de placas explica la mayor parte de los relieves de la superficie terrestre, tanto si se tratan de océanos que se han creado mientras dos placas se apartaban una de otra, como si son cadenas montañosas nacidas mientras una placa chocaba con otra. La forma en que las placas se encuentran es determinante. Las placas llamadas convergentes entran en colisión o se deslizan la una sobre la otra (se habla entonces de subducción); las placas divergentes se apartan la una de la otra y provocan un ascenso del magma que genera una nueva corteza; las placas transformantes se deslizan una respecto a la otra.



Las placas transformantes se deslizan una contra otra, sin converger ni divergir. Su roce provoca a menudo sismos. Así ocurre en la **Falla de San Andrés**, que se encuentra a lo largo de California, en la unión de la placa pacífica y la placa norteamericana.



De hecho, mientras una placa oceánica choca con una placa continental, es engullida a causa de su mayor densidad. A los bordes del continente nacen cadenas de montañas volcánicas. La **Cordillera de los Andes** se formó así.



El distanciamiento de las dos placas oceánicas crea una zona de divergencia en donde se alinean montañas volcánicas nacidas por el ascenso del magma. La **dorsal medio-atlántica** es una de estas cadenas montañosas submarinas denominadas dorsales oceánicas.

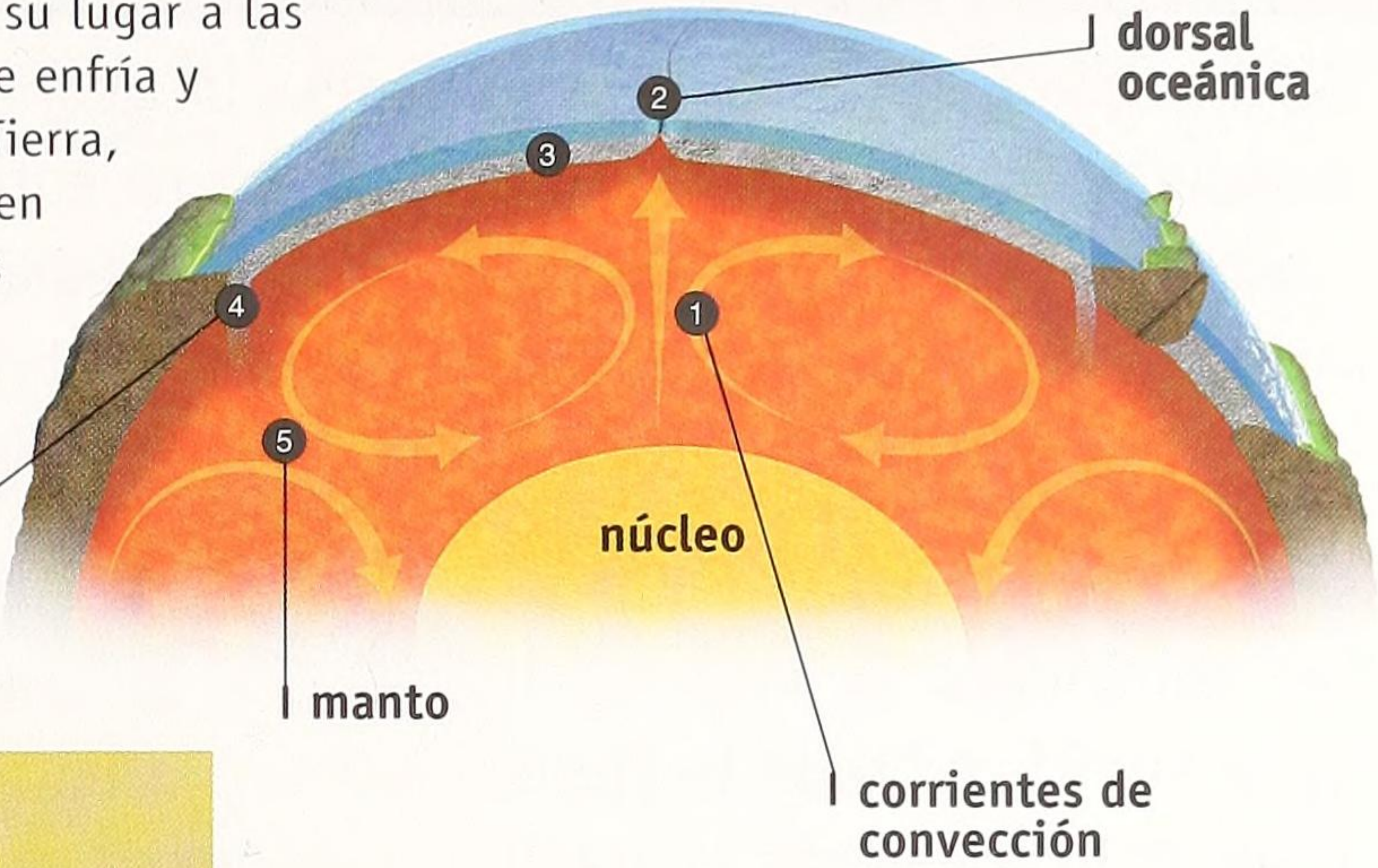


# LAS CORRIENTES DE CONVECCIÓN

Ascendiendo, el calor interior de la Tierra genera movimientos o corrientes de convección ❶, que son el motor de la tectónica de placas. Estas corrientes constituyen una especie de inmensa cinta mecánica en donde antiguas cortezas ceden su lugar a las nuevas. La lava que brota de las dorsales ❷ se enfría y forma una nueva corteza oceánica ❸. En la Tierra, que conserva siempre el mismo tamaño, existen zonas de subducción ❹ en donde antiguas cortezas son englobadas y consumidas por el manto ❺.

- placas convergentes
- placas divergentes
- placas transformantes
- subducción

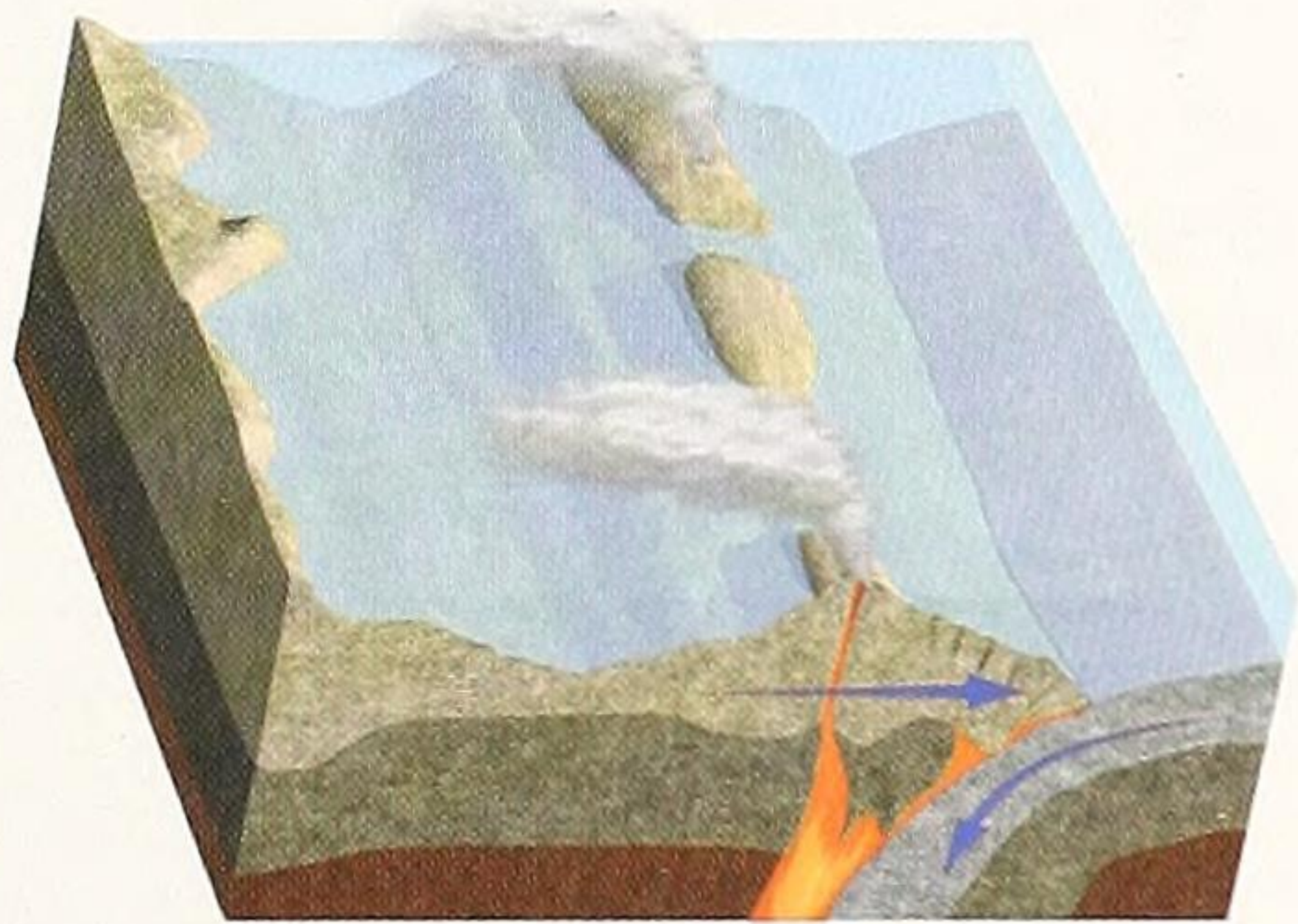
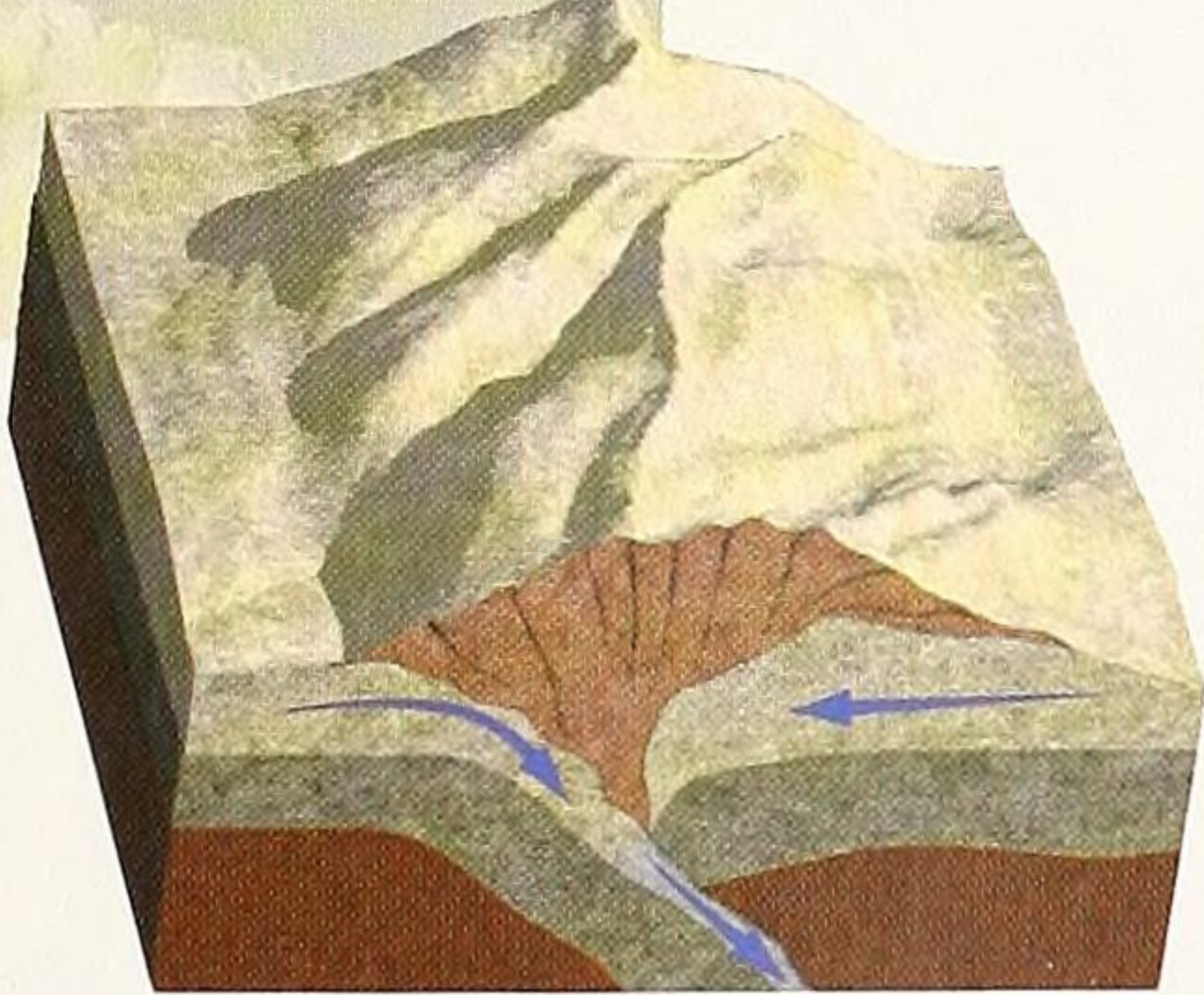
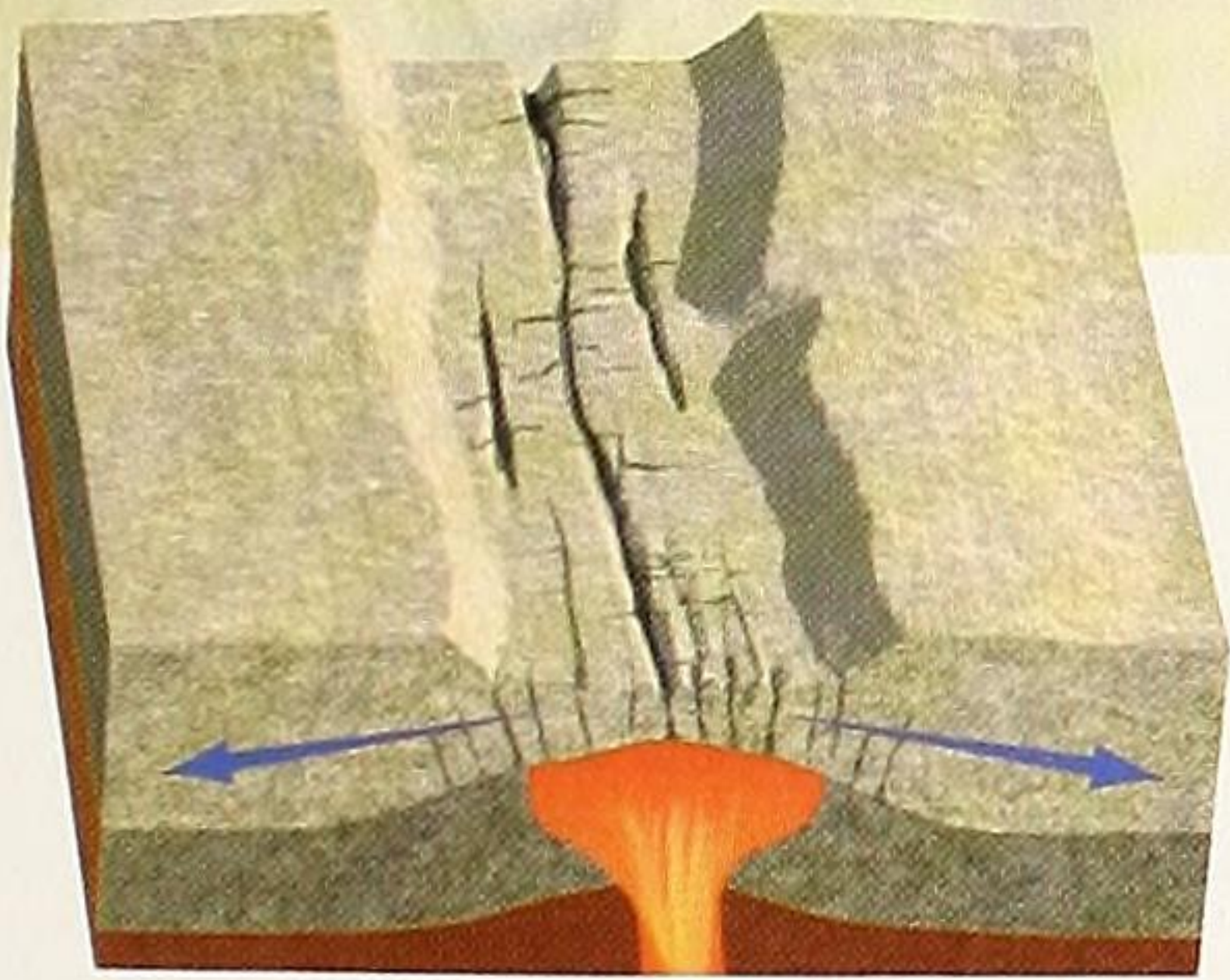
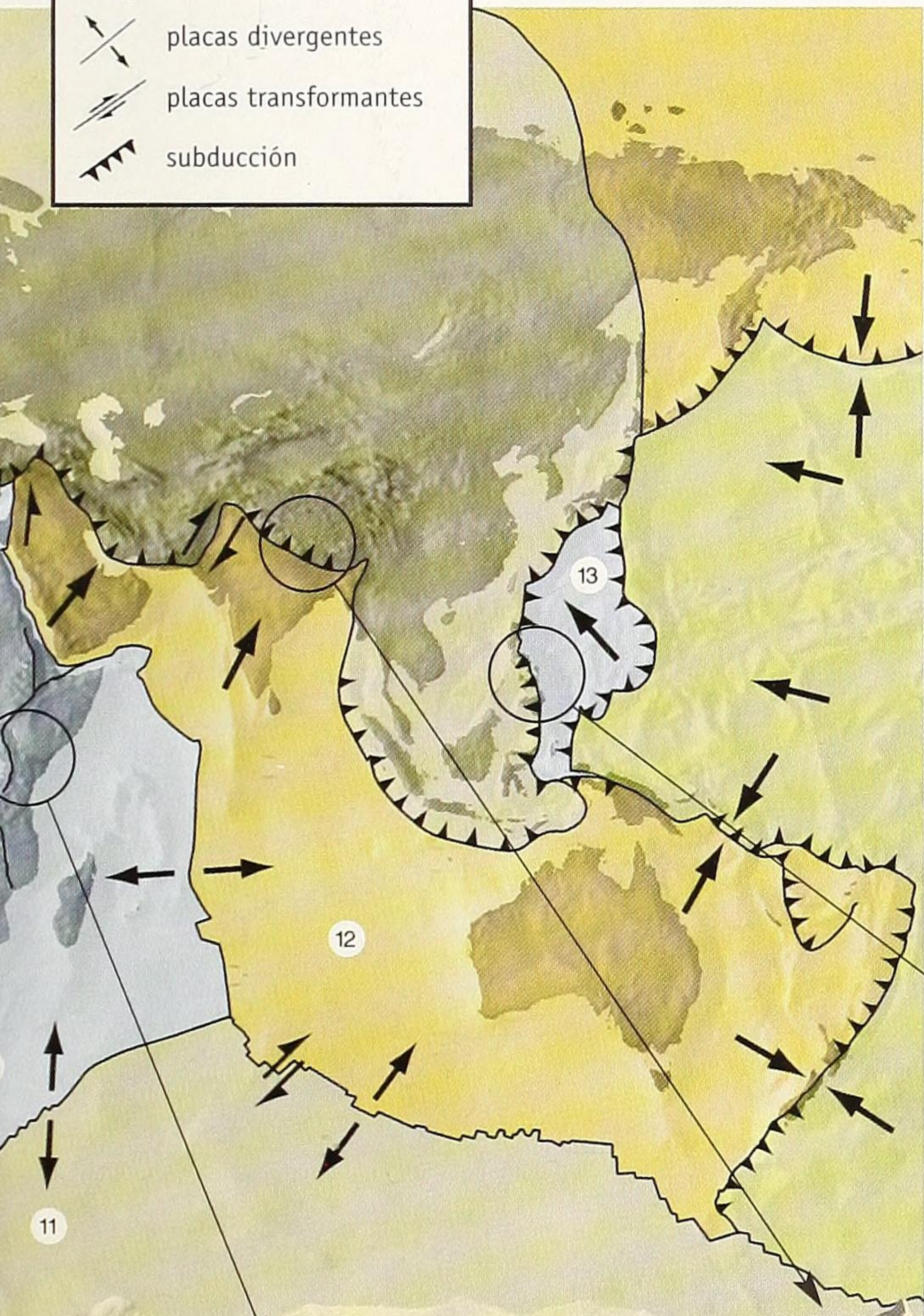
zona de subducción



## UN PLANETA EN TROZOS

Se cuentan doce placas tectónicas principales, de superficie muy variable. Algunas placas tienen océanos y continentes; otras, sólo uno u otro (se trata entonces de placas oceánicas o continentales).

- |                             |                            |
|-----------------------------|----------------------------|
| 1. placa pacífica           | 8. placa Scotia            |
| 2. placa de Juan de Fuca    | 9. placa euroasiática      |
| 3. placa norteamericana     | 10. placa africana         |
| 4. placa de las islas Cocos | 11. placa antártica        |
| 5. placa del Caribe         | 12. placa indo australiana |
| 6. placa de Nazca           | 13. placa filipina         |
| 7. placa sudamericana       |                            |



Como las placas oceánicas, las placas continentales se pueden alejar las unas de las otras. Es el caso del **Gran Rift africano**, una larga fosa de hundimiento cuyas partes inferiores serán gradualmente invadidas por el mar.

Cuando dos placas continentales convergen, puede suceder que se unan. Bajo el efecto de la compresión, la corteza cada vez más espesa se pliega. El altiplano del Tibet, en donde se encuentra el **Himalaya**, atestigua dicho choque.

Cuando dos placas oceánicas convergen, la placa con más densidad se desliza bajo la otra. El ascenso del magma genera entonces estructuras de arcos insulares, como el **Archipiélago de Filipinas**.



# El destino de Pangea

*La fragmentación de un supercontinente*

Al principio del siglo XX, Alfred Wegener, un geofísico y climatólogo alemán, notó que parecía que los continentes podrían embonar entre sí. Observó, por ejemplo, que el contorno de África occidental encajaba en Sudamérica casi perfectamente, y que había formaciones geológicas similares en ambos continentes.

Esto dio lugar a la hipótesis de que hubo un solo continente hace millones de años, pero no fue sino hasta la década de los 60 que se confirmaron y aceptaron las intuiciones de Wegener. Hoy se cree que un solo continente llamado Pangea (que significa "toda la tierra") estaba rodeado de un solo océano, Pantalassa ("todos los océanos"). Gradualmente se separó, creando nuevos continentes y nuevos océanos, y los continentes siguen desplazándose.



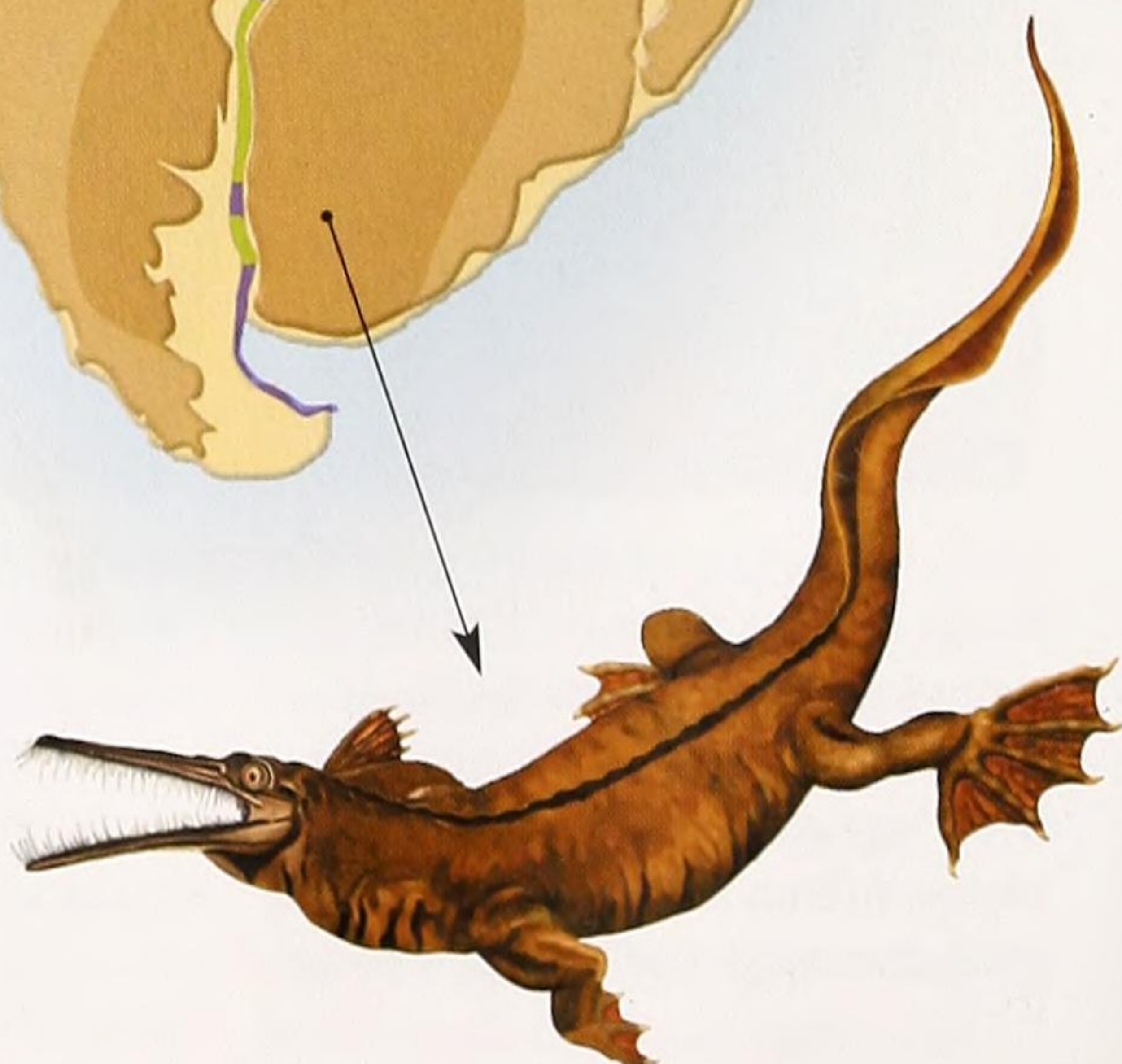
## LOS CONTINENTES ESTABAN AGRUPADOS

La correspondencia entre los continentes notada por Wegener es todavía más notable cuando tomamos en cuenta los contornos de las placas continentales, es decir, los contornos de los continentes que están sumergidos bajo los océanos, en vez de las costas de playa. La isobata (línea curva que indica misma profundidad) de 2,000 m se usa para establecer un mapa en que las áreas de empalme y los abismos entre los continentes son visibles.



## UN REPTIL VALIOSO

La presencia de animales y plantas fósiles en algunos continentes proporcionó pruebas tangibles de la deriva continental. Fósiles de mesosauro se han hallado tanto en Sudamérica como en África; debido a que el **mesosauro** era un pequeño reptil de agua fresca, le hubiera sido imposible cruzar el Atlántico, lo que confirma la existencia del supercontinente Pangea.





¿HIELO EN LOS TRÓPICOS?

Entre otros factores que apoyan la teoría de la derivas continentales, está la presencia de depósitos glaciales en las regiones sureñas de algunos continentes. Se pueden encontrar rastros de glaciaciones en Sudamérica, Australia e incluso África e India, que ahora son zonas decididamente tropicales. Estos depósitos glaciales, que indican que el hielo flotó hacia el interior de los continentes, fueron probablemente dejados por el casquete polar antártico.



MONTAÑAS CONCORDANTES

Uno de los argumentos decisivos a favor de la deriva continental es la asombrosa similitud de las estructuras geológicas en diferentes partes del mundo. Si visualizamos Norteamérica, Europa y África, lado a lado, vemos que surge un importante cinturón montañoso ❶. Incidentalmente, las tres cordilleras que encontramos hoy en día en ambos lados del Atlántico, los Apalaches, las Caledonias y los Montes Atlas, tienen la misma edad (cerca de 300 millones de años) y tienen estructuras geológicas idénticas ❷.



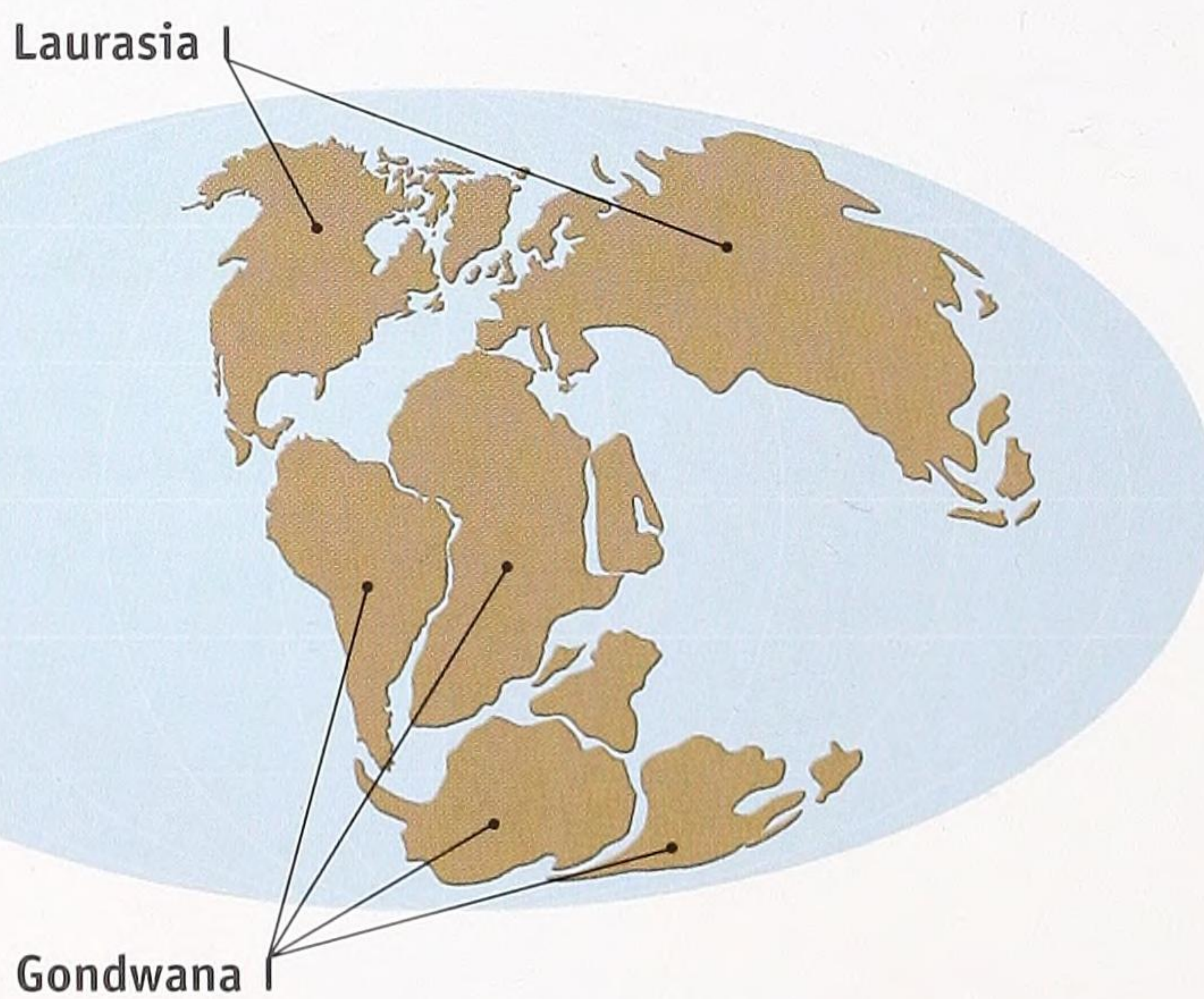
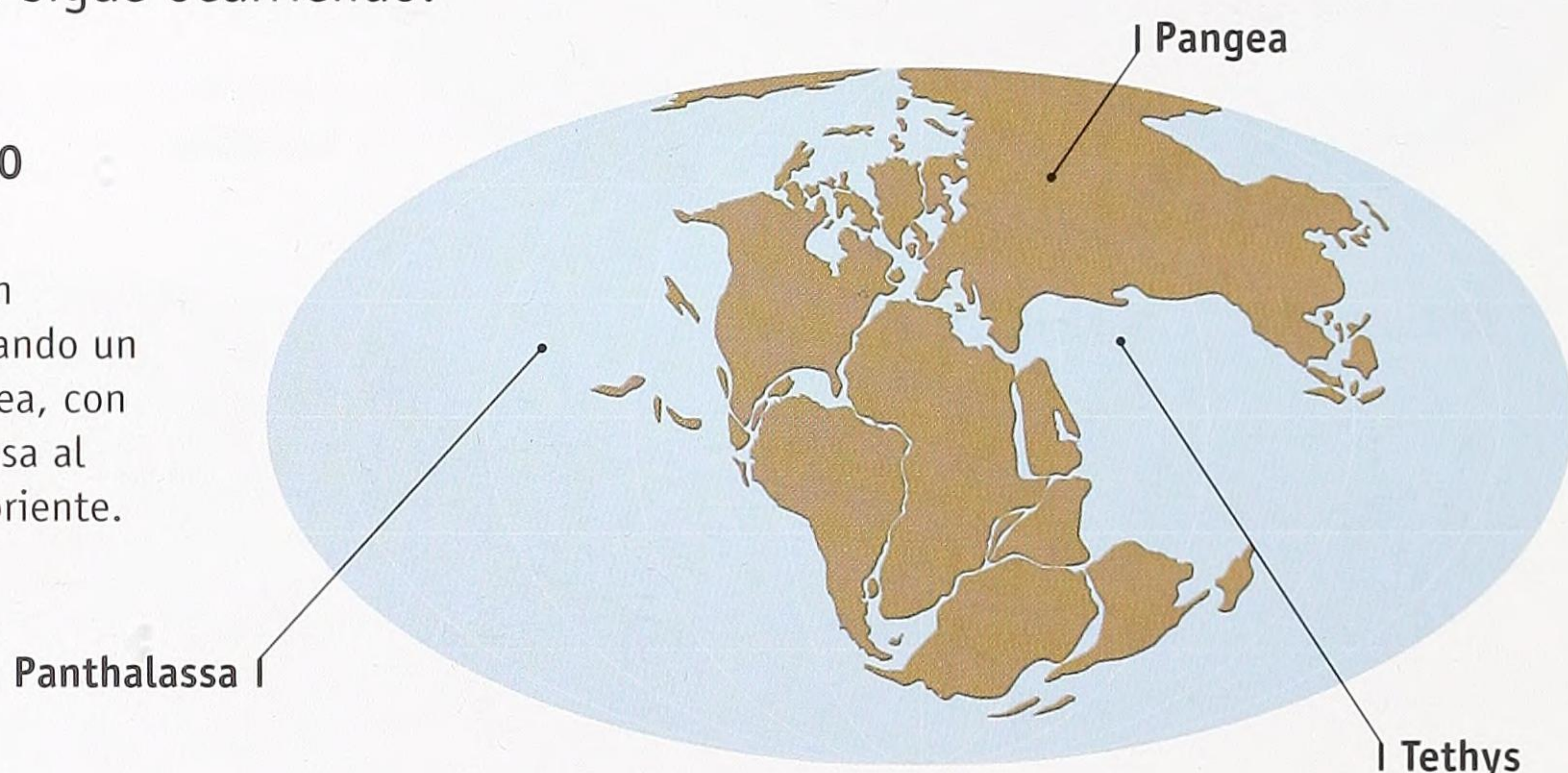
# Deriva continental

*La Tierra, del pasado al futuro*

En la década de los 60, las ideas de Wegener respecto de la deriva continental fueron apoyadas por nuevos descubrimientos. La extensión de los fondos marinos y la tectónica de placas explican el movimiento de la superficie de la Tierra y el mecanismo de la deriva continental. Gracias a corrientes convexas, los continentes se deslizan sobre la astenosfera, la capa viscosa del planeta. Las corrientes acercan o alejan a las placas entre sí, entre 1 y 18 cm al año. La extensión del fondo marino separa todavía más a los continentes cuando se desarrollan zonas divergentes debajo de él. Así, el movimiento de continentes que empezó hace cientos de millones de años, sigue ocurriendo.

## LA TIERRA HACE 200 MILLONES DE AÑOS

Masas de tierra estaban agrupadas juntas formando un supercontinente, Pangea, con los mares de Panthalassa al occidente y Tethys al oriente.

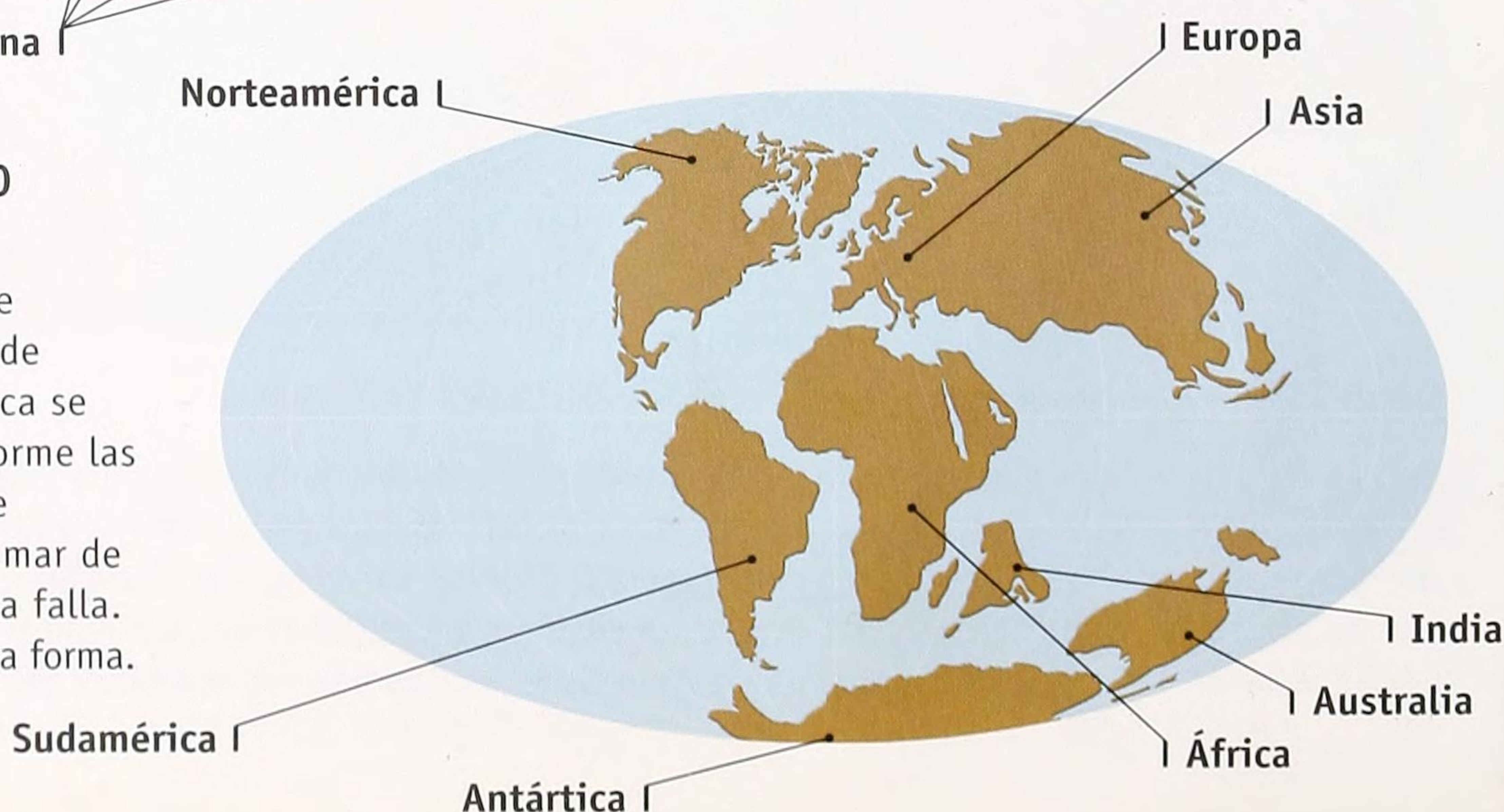


## LA TIERRA HACE 150 MILLONES DE AÑOS

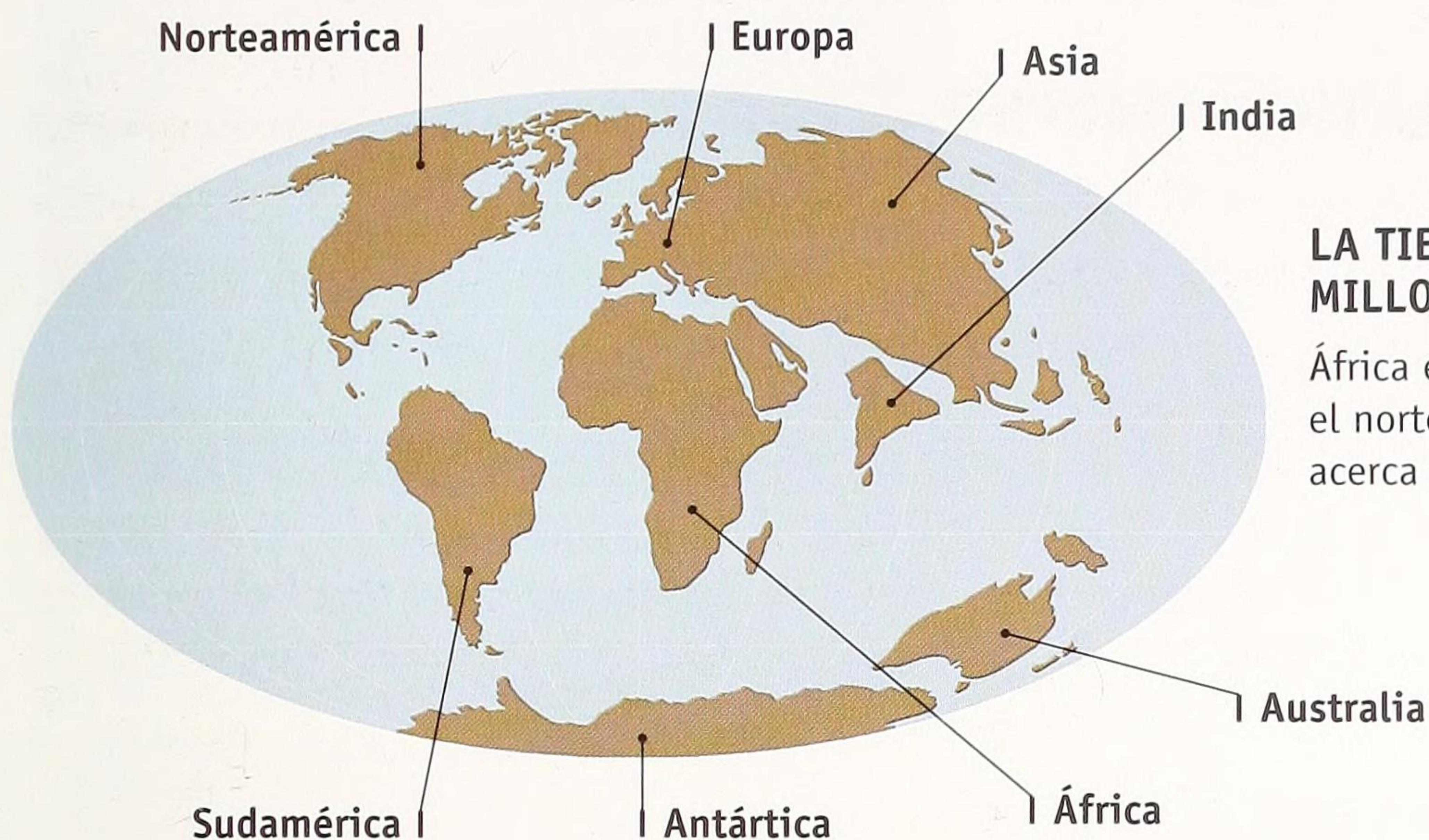
Dos de las masas se separan creando el continente de Laurasia hacia el norte (lo que hoy es Norteamérica y el continente Euroasiático) y el continente de Gondwana (hoy Sudamérica, África, India y Australia). El Océano Índico se abre gradualmente. Pangea deja de existir.

## LA TIERRA HACE 100 MILLONES DE AÑOS

Australia y Antártica se separan. Una falla divide Gondwana, y Sudamérica se separa de África. Conforme las masas continentales se apartan, las aguas del mar de Tethys se infiltran en la falla. El Océano Atlántico toma forma.





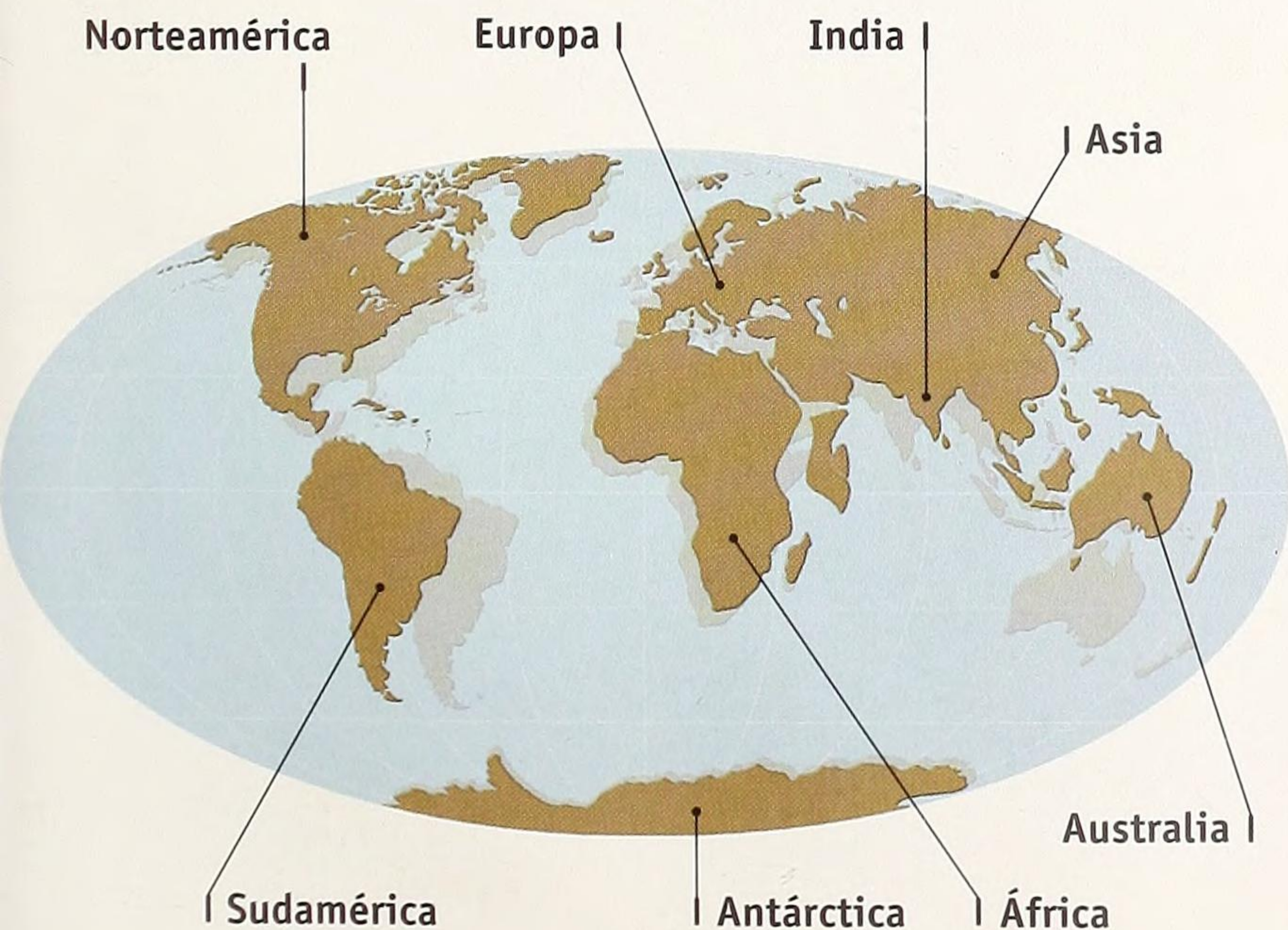
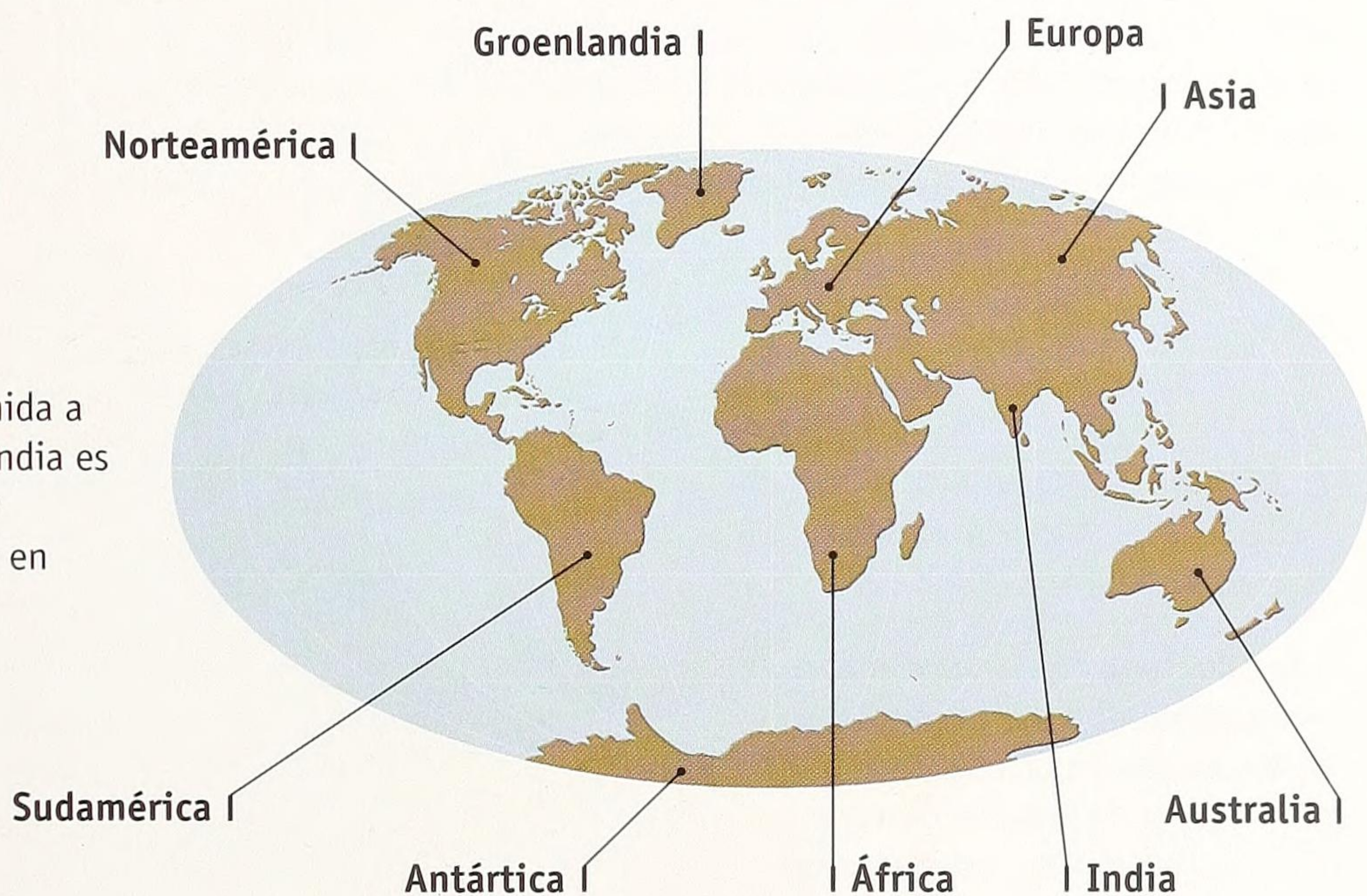


### LA TIERRA HACE 50 MILLONES DE AÑOS

África e India se desplazan hacia el norte, mientras Sudamérica se acerca a Norteamérica.

### LA TIERRA EN LA ACTUALIDAD

Ahora Norteamérica está unida a Sudamérica por un istmo, India es parte de Asia, y Antártica y Australia se han convertido en islas continentales.



### LA TIERRA DENTRO DE 50 MILLONES DE AÑOS

El desplazamiento hacia el norte de África Occidental con dirección al Mediterráneo comprimirá Córcega, Cerdeña y Sicilia y cerrará el cálido mar, creando un impresionante cinturón montañoso. Arabia y África se separarán, lo que convertirá al Mar Rojo en un océano. Australia se desplazará hacia Asia, mientras India se seguirá moviendo hacia ese continente, esculpiendo y elevando aún más la cordillera de los Himalaya.



# Los volcanes

*Montañas sorprendentes*

Las erupciones volcánicas figuran entre los fenómenos naturales más espectaculares que se puedan ver; son testimonio de la actividad de la Tierra y demuestran que los volcanes no son montañas como las demás.

Desde la formación de nuestro planeta, la actividad volcánica ha contribuido al desarrollo de los océanos y de la vida sobre la Tierra a través de la emisión de gases, vapor de agua y materia provenientes de las profundidades. Pero los volcanes se asocian más a menudo con su poder de destrucción y con las catástrofes que generan.

## EL FENÓMENO DE LOS VOLCANES

Ascendiendo hacia la superficie, el magma (molten rock) ❶ caliente y ligero, nacido en el manto terrestre, es previamente almacenado en la cámara magmática ❷. Con el tiempo, la acumulación de materia hace que el magma ascienda por la chimenea ❸ y lo lleve a la superficie, en donde es expulsado por el cráter ❹. Una colada de lava ❺ líquida se derrama sobre las laderas del edificio volcánico. La columna eruptiva ❻ está constituida por elementos de tamaño variable que son expulsados fuera del cráter. El magma que no alcanza la superficie a veces penetra en una capa de roca de tipo diferente y se solidifica ❼ en forma de diques, lacolitos o sills; este fenómeno se denomina intrusión.

Las **Fumarolas** que se encuentran a veces en la zona volcánica, son emanaciones regulares de gases que pueden alcanzar 500 °C.

Recalentada por la proximidad del magma, el agua subterránea es expulsada en la atmósfera en forma de chorros de vapor candente, los **géiseres**.

aguas subterráneas

roca caliente

El **sill** es una intrusión magmática horizontal que se forma entre dos capas de rocas.

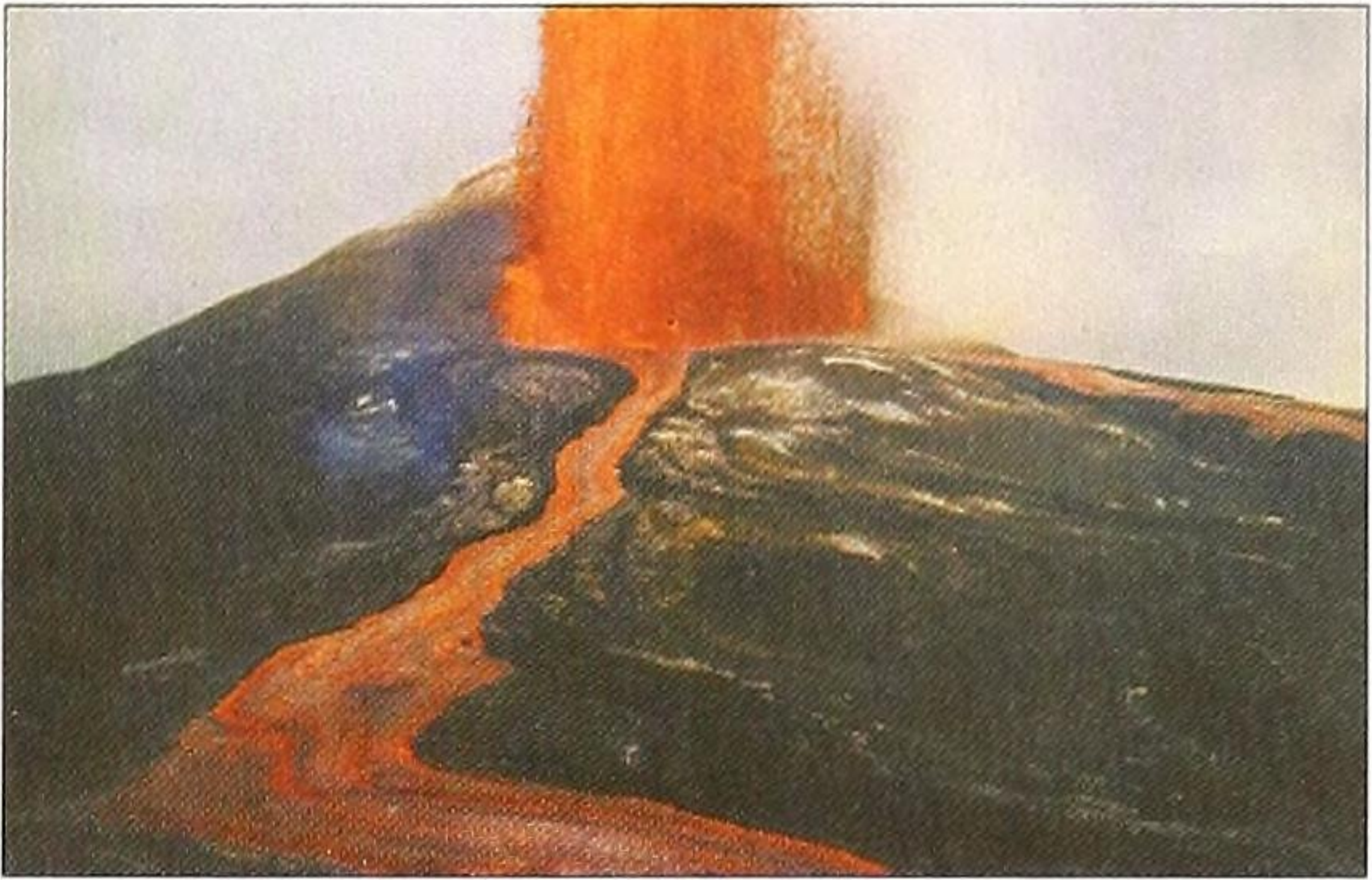
El magma que se solidifica bajo forma de láminas verticales se denomina **dique**.



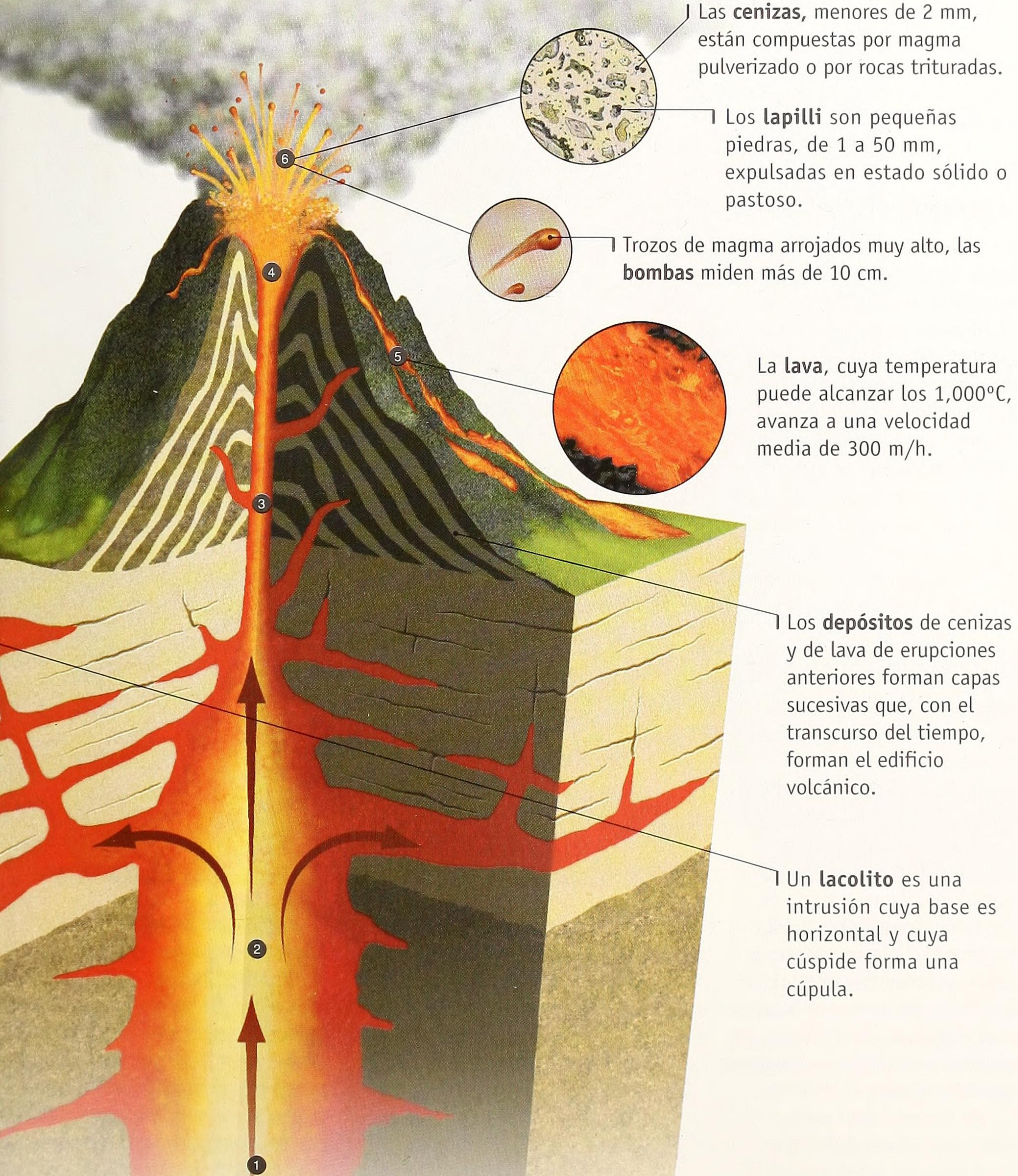
DISTINTOS TIPOS DE ERUPCIÓN



En junio de 1991, el monte **Pinatubo**, en Filipinas, entró en erupción después de más de seis siglos de inactividad. Esta erupción, de tipo explosivo, fue una de las más intensas del siglo XX. Por la presión, la cúpula del volcán se pulverizó y los restos fueron expulsados con gran fuerza.



El volcán **Kilauea**, situado en la isla de Hawai, se encuentra entre los más famosos volcanes activos. Desde 1983, este volcán de tipo efusivo vierte largas coladas de lava hirviendo.





# El vulcanismo

*Una amenaza que está presente alrededor del mundo*

Un poco por todas las partes del mundo, y en algunas regiones de manera más específica, existen volcanes que se pueden despertar, a veces después de miles de años de inactividad provocando violentas erupciones. Si algunas erupciones son breves, otras pueden ser particularmente largas y peligrosas. En algunos casos, ¡duran incluso 10 años! Las nubes de cenizas que se dispersan en la atmósfera pueden tardar meses, incluso años, en disiparse.

## EL CINTURÓN DE FUEGO DEL PACÍFICO

Más a menudo, los volcanes emergen a lo largo de las placas tectónicas y forman una cadena. Una de las cadenas más conocidas es el cinturón de fuego del Pacífico, que reúne una buena parte de los volcanes del globo. Dispuesto en el arco insular que rodea el océano Pacífico, el cinturón comprende entre otros los archipiélagos volcánicos de las Islas Alautianas, de Japón y de Filipinas.

## LOS TIPOS DE VULCANISMO

Existen tres tipos de vulcanismo, y cada uno de ellos puede presentarse en los continentes o en los océanos. Los dos primeros tipos están directamente relacionados con el fenómeno de las placas tectónicas: se trata del vulcanismo de subducción (convergencia de placas) y del vulcanismo de falla (divergencia). El tercer tipo no se produce en la frontera de dos placas sino más bien en el interior de una sola placa: es el vulcanismo intraplacas conocido bajo el nombre de puntos calientes.

El distanciamiento de las placas continentales provoca un **vulcanismo de falla**. Un volcán como el Kilimajaro ha nacido a lo largo de una de estas fallas situadas en el continente africano.

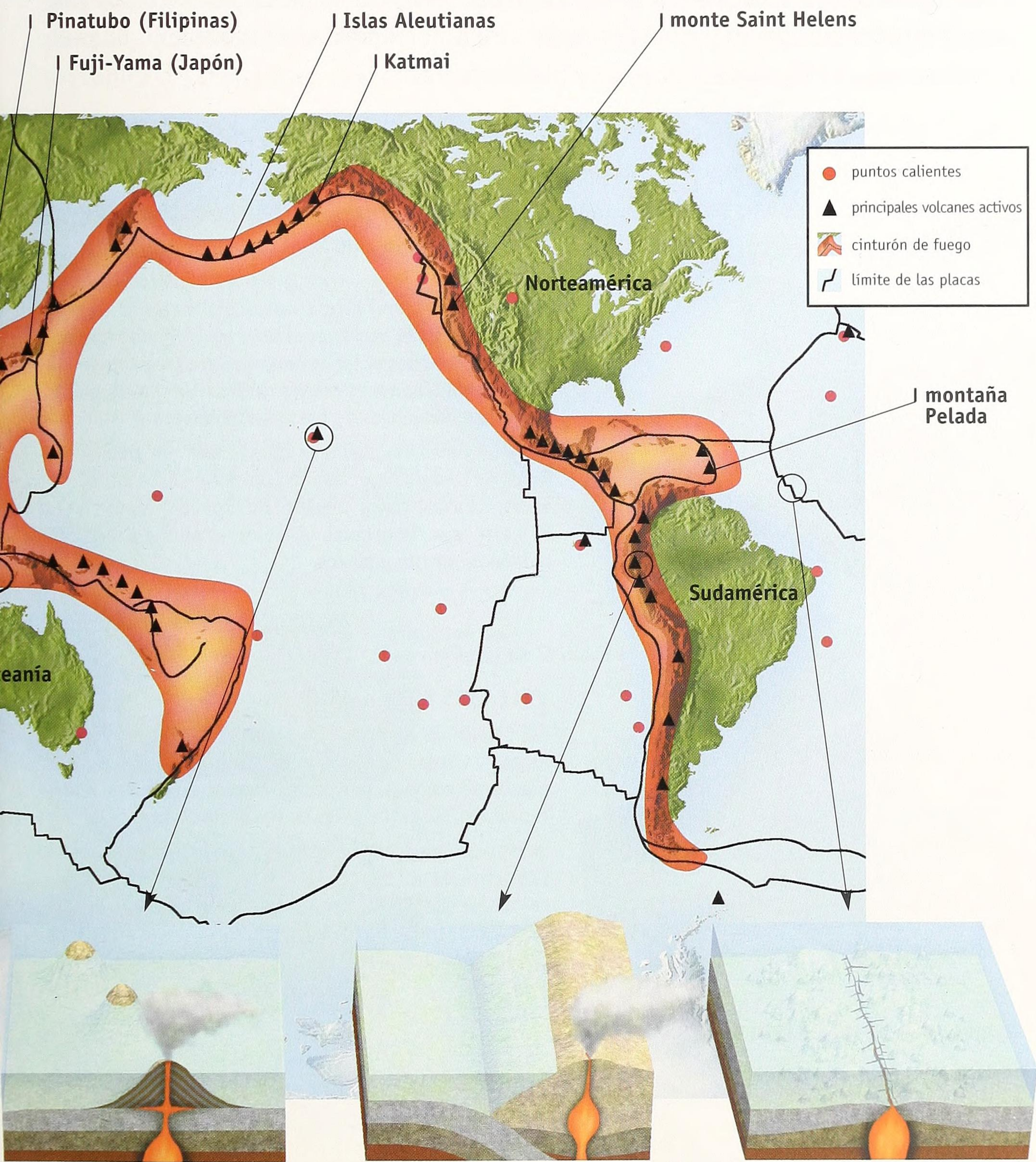
El **vulcanismo de subducción oceánica** se produce cuando una placa se desliza bajo otra. La infiltración de agua en las profundidades de la Tierra provoca entonces un descenso de la temperatura de fusión que favorece la ascensión del magma, causando erupciones muy explosivas. El volcán Krakatoa es de este tipo.





DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Se dice que un volcán se encuentra activo si se ha producido una erupción hace menos de 100 años. Se estima que son 1,500 el número de volcanes activos en los continentes, que producen cada año unas cincuenta erupciones, sin contar los que se encuentran en el fondo de los océanos. La distribución geográfica de los volcanes no es aleatoria sino que corresponde a zonas de fractura de la corteza terrestre o a puntos calientes.



Independientemente de las interacciones entre las placas, el fenómeno de los **puntos calientes** sobrevive en medio de placas oceánicas o continentales. Bolsas de magma que provienen del manto inferior de la Tierra ascienden hacia la superficie y producen macizos volcánicos como los de Hawai.

El **vulcanismo de subducción continental** se produce a lo largo de los continentes, cuando una placa oceánica se encuentra con una placa continental. El ascenso del magma hace que nazcan volcanes como el Cotopaxi a lo largo de la cordillera de los Andes.

EL **vulcanismo de falla** interviene a lo largo de las dorsales oceánicas, que se extiende por casi 60,000 km. En estas frágiles zonas, el desplazamiento de las placas permite al magma infiltrarse y crear largas cadenas de montañas volcánicas, como la que va desde Islandia hasta el sur del océano Atlántico.

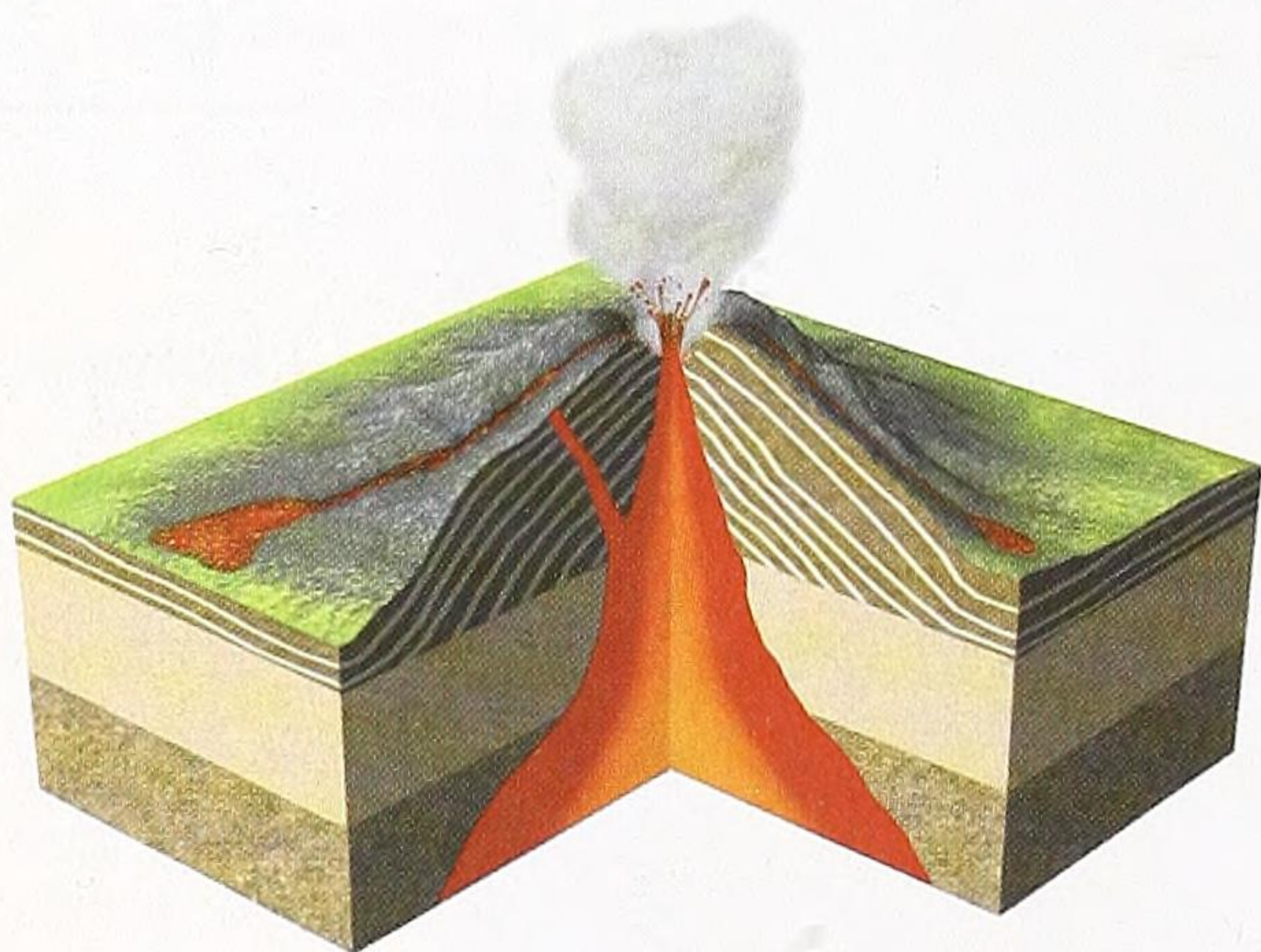


# Erupciones volcánicas

*Cuando estallan las cumbres de las montañas*

La erupción de un volcán se puede comparar al descorche de una botella de champagne: los gases disueltos en el magma son el detonador. Conforme el magma sube, los gases se liberan y empujan hacia arriba, incrementando la presión. Cuando el corcho sale, el líquido es expelido violentamente.

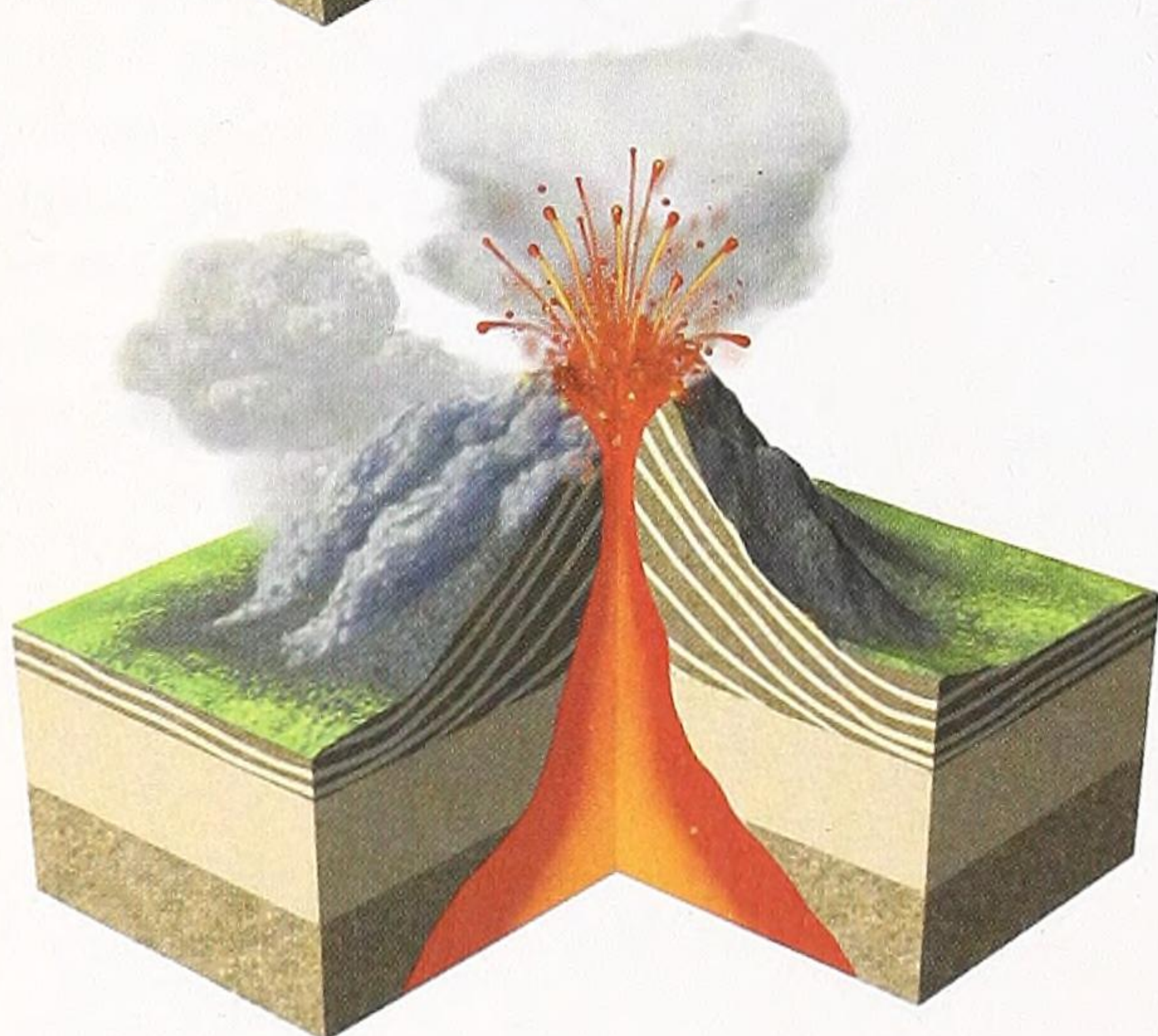
Cuando perfora la superficie de la Tierra, la erupción volcánica forma un cráter del que son expelidos diversos materiales. No todos los volcanes hacen erupción de la misma manera. La consistencia del magma que contienen es en parte responsable de la forma en que escapan los gases y por lo tanto, de la violencia del fenómeno.



## VOLCANES EFUSIVOS

En las erupciones efusivas, el magma es fluido y el gas que contiene escapa fácilmente. La lava se extiende en flujos, o ríos, a una velocidad de 50 a 100 km/h, volcán abajo, por distancias de hasta 100 kilómetros.

Las erupciones hawaianas se caracterizan por abundantes flujos de lava y la eyección de lava incandescente; a veces, rocas de varios tamaños son expelidas junto con los flujos de lava. En general, los volcanes efusivos son redondos, anchos y planos.

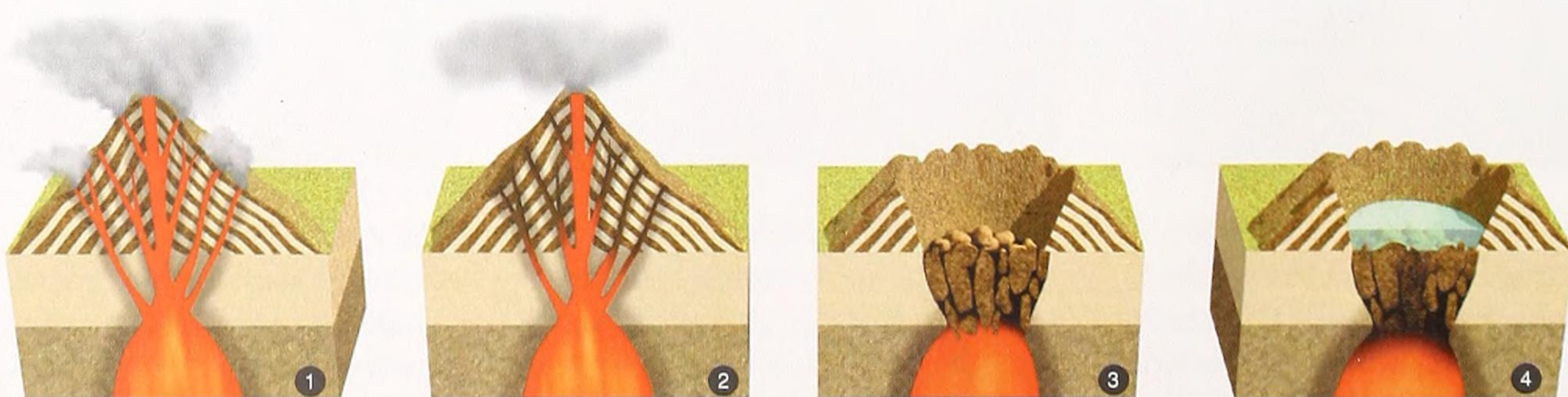


## VOLCANES EXPLOSIVOS

Las erupciones explosivas dan más miedo. El magma es espeso y viscoso y tiene un alto contenido de gases. La presión se acumula, provocando fuertes explosiones que expelen rocas, lava y gases en todas direcciones.

La erupción produce una nube que puede ser de decenas de kilómetros de altura; los escombros son expelidos y las cenizas se pueden depositar a cientos de kilómetros a la redonda. Los volcanes de erupciones explosivas a menudo tienen pendientes profundas.

## FORMACIÓN DE UNA CALDERA



Los cráteres de más de 1 km de diámetro se llaman calderas. Se forman cuando la cima de un volcán se colapsa y pueden tener hasta 60 km de diámetro. Durante una erupción, el magma es expelido desde una cámara de magma vía la chimenea central y las secundarias ❶. Las chimeneas se vacían gradualmente ❷. La parte central del volcán ya no puede soportar el peso del cono volcánico y la cima colapsa ❸. El material del cono cubre el fondo de la caldera, que tiene lados muy pronunciados. Algunas calderas se llenan de agua y forman lagos ❹.



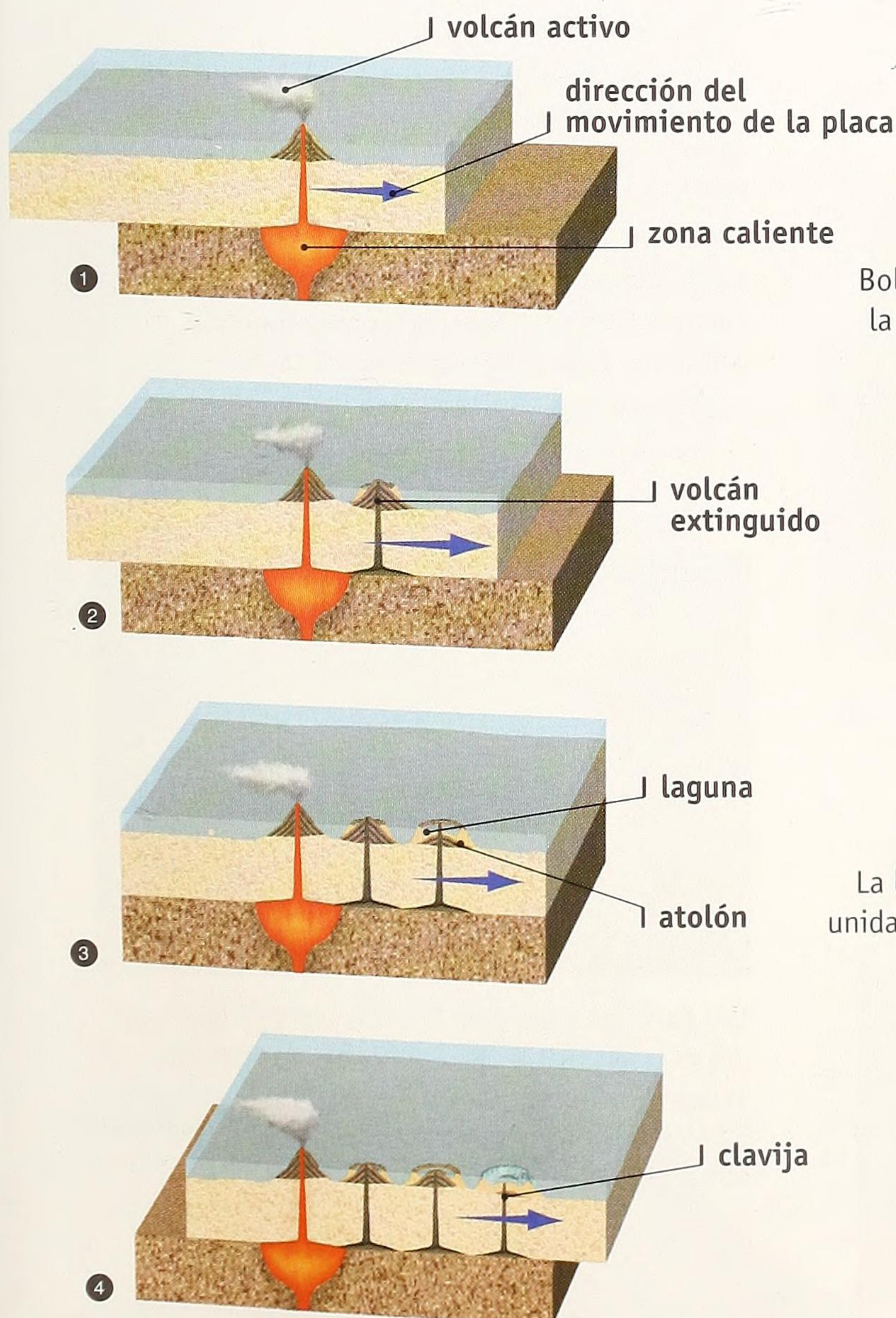
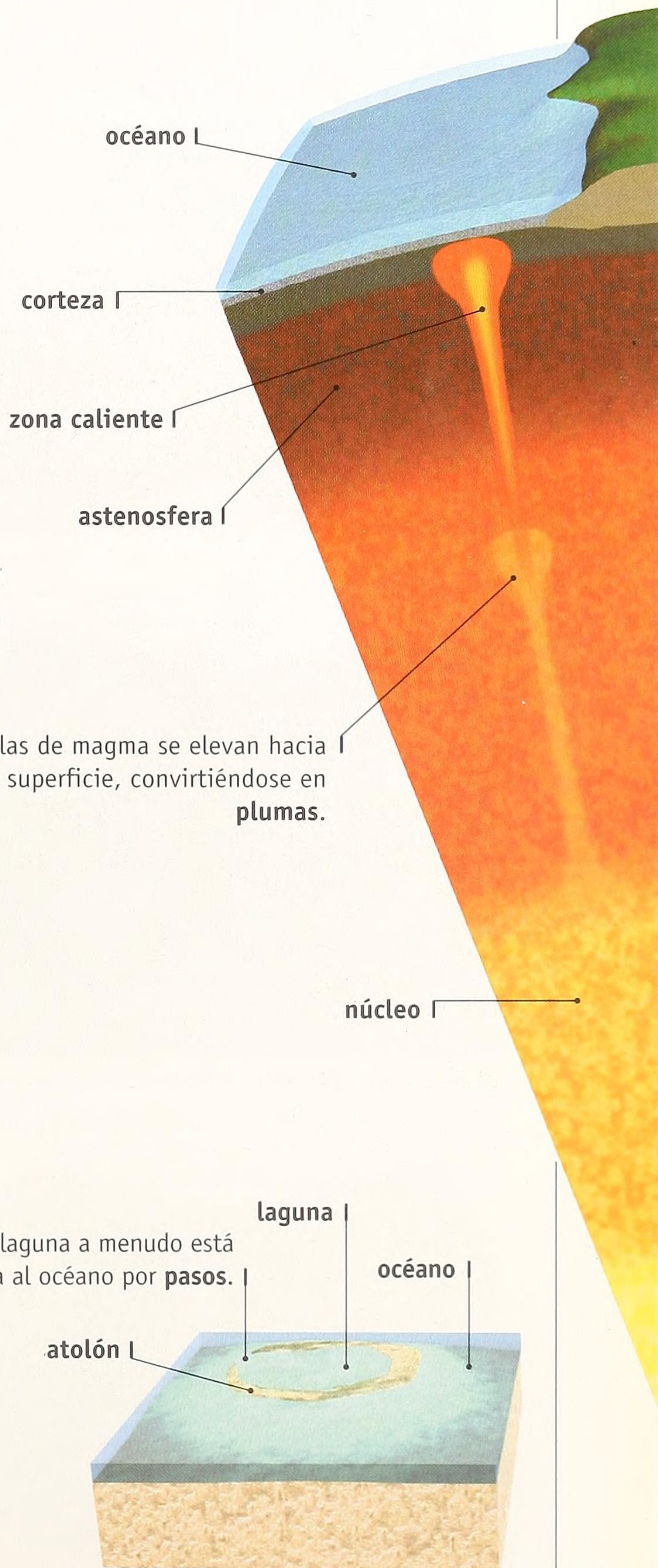
# Zonas calientes

## Volcanes en fila

En ciertas zonas específicas del planeta, acumulaciones de magma del manto inferior (la capa localizada arriba del núcleo exterior) suben a la superficie muy lentamente, rompen la corteza de la Tierra y producen masivos volcánicos en mitad de las placas tectónicas. Estas zonas calientes son inmóviles; las filas de volcanes que generan, atestiguan el movimiento de las placas tectónicas sobre ellos.

### GENERACIONES DE LOS VOLCANES EN EL OCÉANO

Zonas calientes en el océano crean una característica cadena de islas volcánicas. Cuando el magma sube a la superficie, rompe a través de la placa oceánica y produce un volcán ❶. La placa se mueve, pero la zona caliente permanece quieta. Por lo tanto, deja de alimentar la primera estructura volcánica y crea un volcán nuevo ❷. El volcán extinguido se erosiona lentamente y en sus laderas crecen arrecifes de coral, formando un atolón, una isla con forma de anillo alrededor de una extensión de agua poco profunda llamada laguna ❸. El volcán erosionado que se ha sumergido bajo la superficie, se llama clavija ❹.

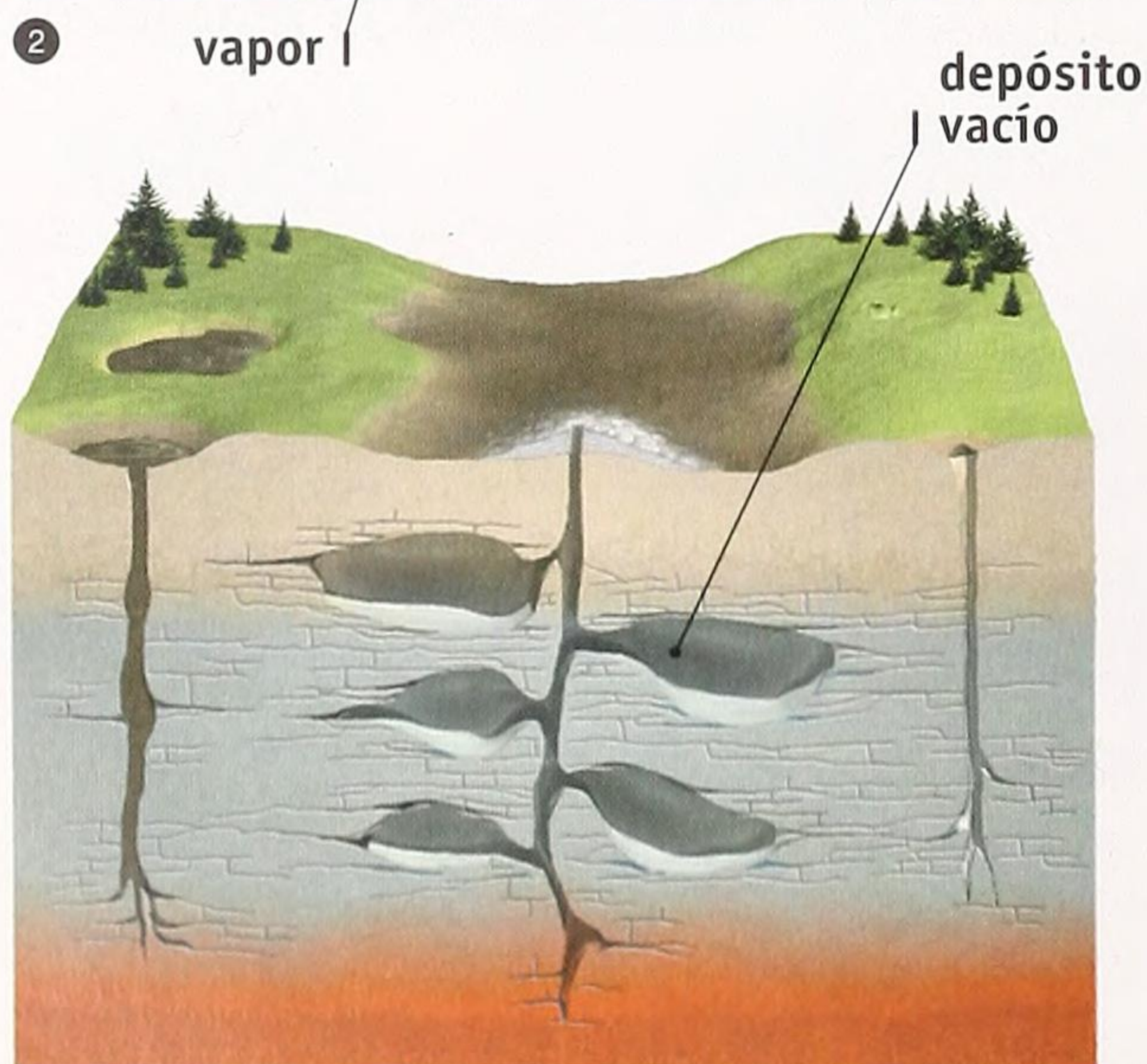
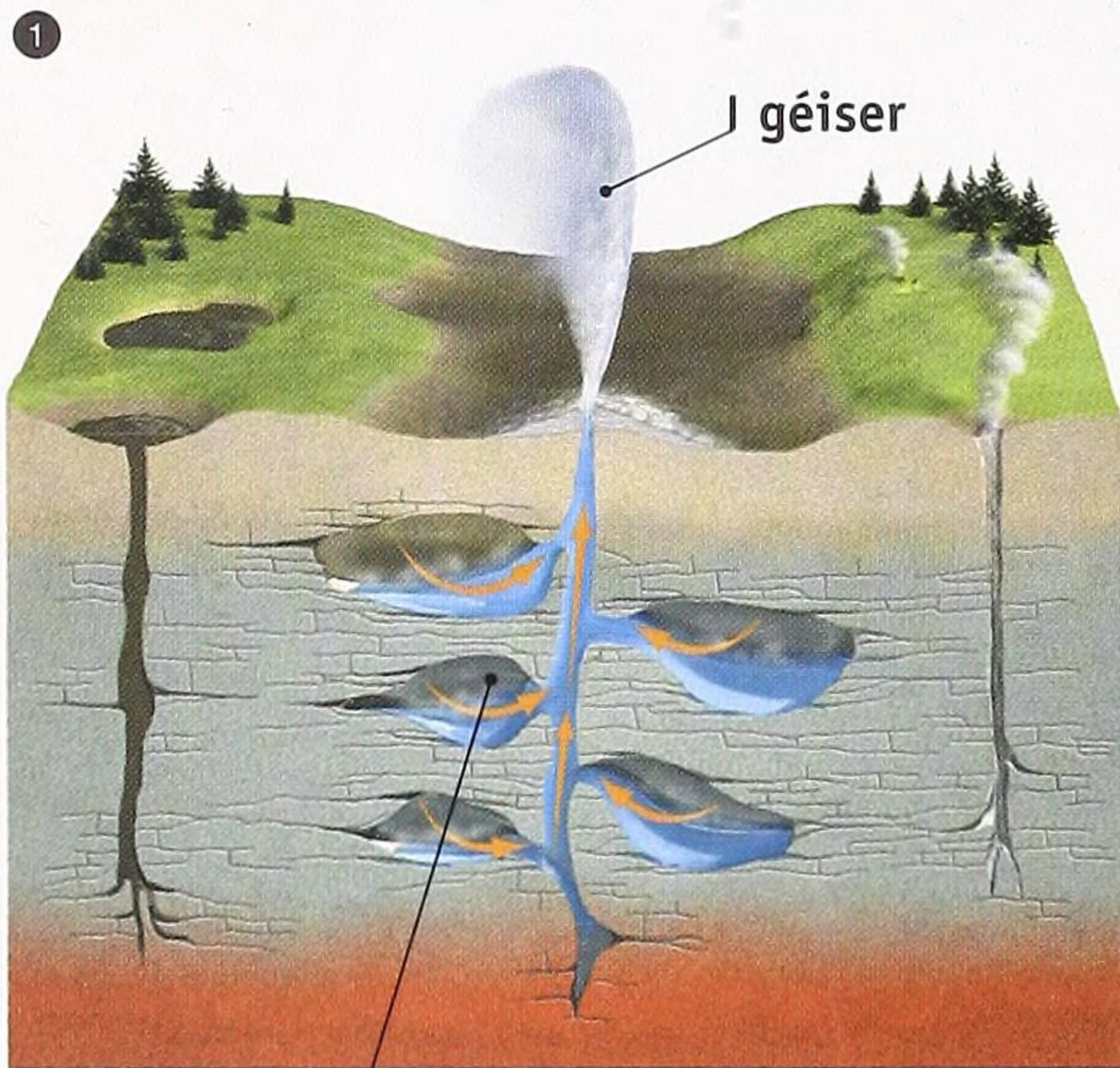
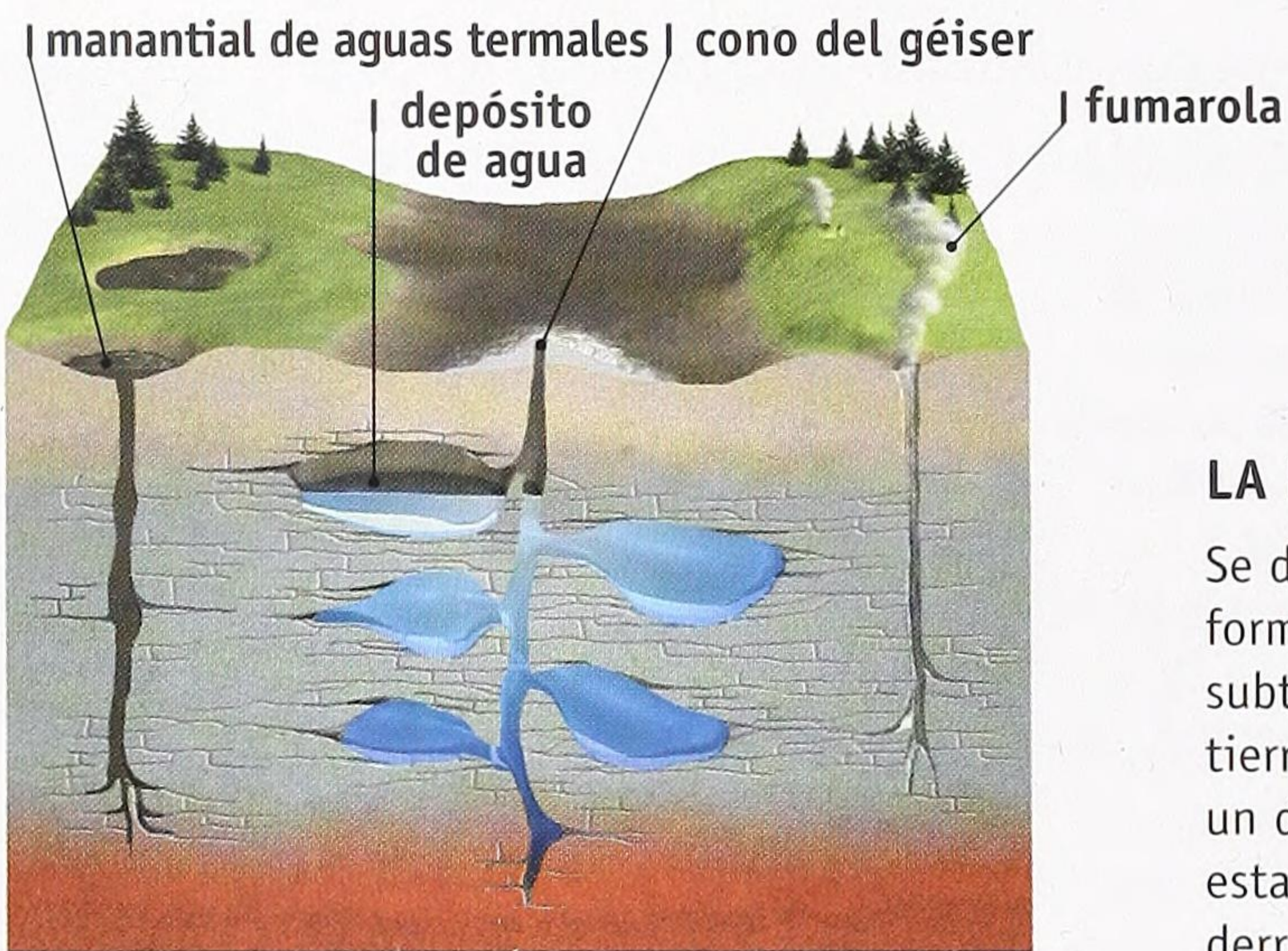




# Géiseres

*Cuando la Tierra escupe agua*

Los géiseres son un fenómeno espectacular. De hecho, son volcanes de agua que expelen inmensos chorros de vapor y agua muy caliente, de forma continua o intermitente. La mayoría de los géiseres se localizan en regiones volcánicas donde el magma está relativamente cerca de la superficie del planeta. Hay muchos en Islandia, de donde nos viene la palabra "geyser" (que significa "empujar"), Nueva Zelanda, y los Estados Unidos, donde el parque Nacional de Yellowstone tiene más de 250.

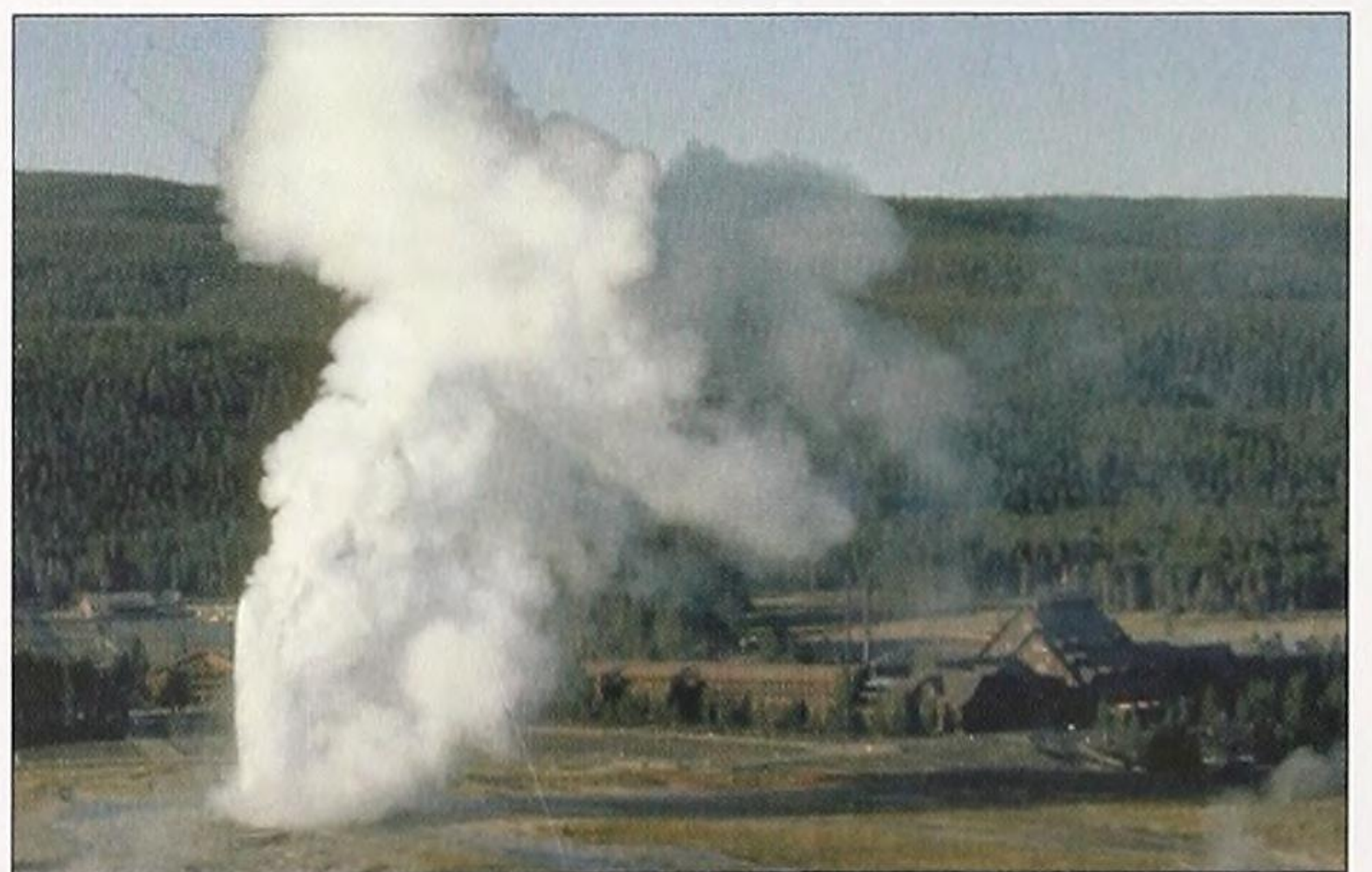


## LA FORMACIÓN DE GÉISERES

Se deben presentar tres condiciones para que se forme un géiser. Debe haber un circuito subterráneo en que el agua que se cuele a la tierra pueda circular, luego subir a la superficie; un depósito de agua, donde se pueda acumular esta agua; y una cámara de magma (roca derretida) cercana.

El agua se cuele hacia la tierra y se acumula en los depósitos cercanos a la cámara de magma ①. Al calentarse, el agua se convierte lentamente en vapor. La presión crece, propulsando un potente chorro de agua y vapor hacia la superficie ②.

El fenómeno puede durar varios minutos o varias horas. El chorro de agua empieza a disminuir cuando el depósito ya no tiene más agua o vapor ③.



**Old Faithful** es uno de los géiseres más famosos del mundo. Este géiser del Parque Nacional de Yellowstone es inusualmente regular: desde 1870, ha expelido miles de litros de agua cada 50 o 100 minutos durante 4 minutos.



## PAISAJES VOLCÁNICOS

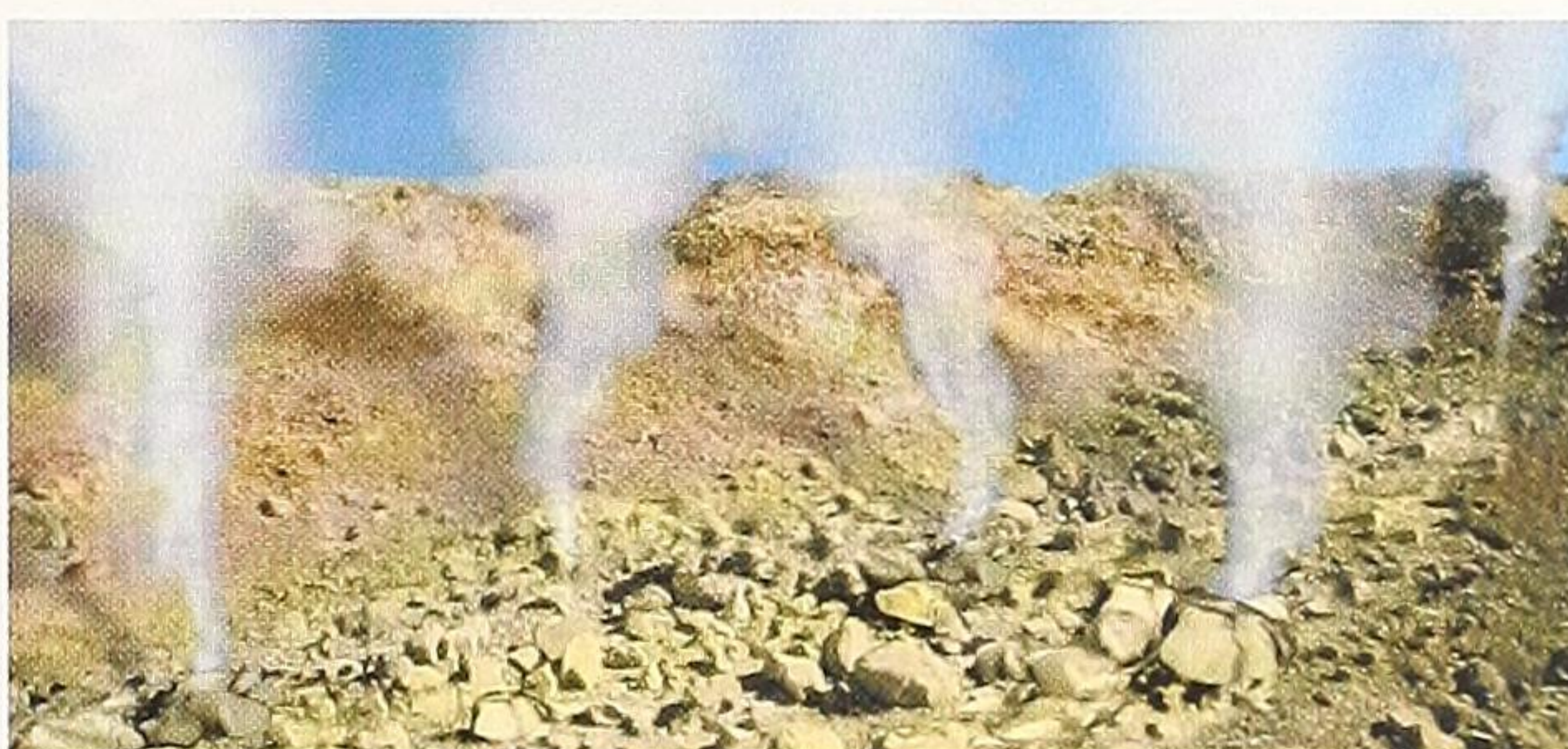
Además de los géiseres, la actividad volcánica engendra varios fenómenos geotérmicos. Aguas y gases en la tierra, calentados por rocas volcánicas, forman paisajes inusuales con flujos de lodo, agua y vapor.



Los gases suben a la superficie y forman **manantiales de aguas termales**, donde se mezclan partículas de roca volcánica descompuesta con agua.



El agua que se cuela a la tierra cerca de una zona volcánica se calienta por las rocas. Sube a la superficie a temperaturas a veces muy altas. Se considera que muchas **aguas termales** tienen propiedades terapéuticas, incluyendo las de Bath en Inglaterra, y Vichy en Francia.



Las **fumarolas** son emanaciones de gas que a menudo se encuentran en los flancos de los volcanes. Como los géiseres, salen a chorro a la tierra vía un conducto vertical en una columna de vapor sulfuroso.

**Chorros** de vapor y agua surgen de la tierra, a veces de una altura de más de 100 m. El géiser activo más alto es el Steamboat, cuyo chorro alcanza los 110 m, está en el Parque Nacional de Yellowstone. Al inicio del siglo XX, el Wainangu, un géiser en Nueva Zelanda, echó agua a más de 450 m en el aire.

**Depósitos minerales** se forman al pie de un géiser.

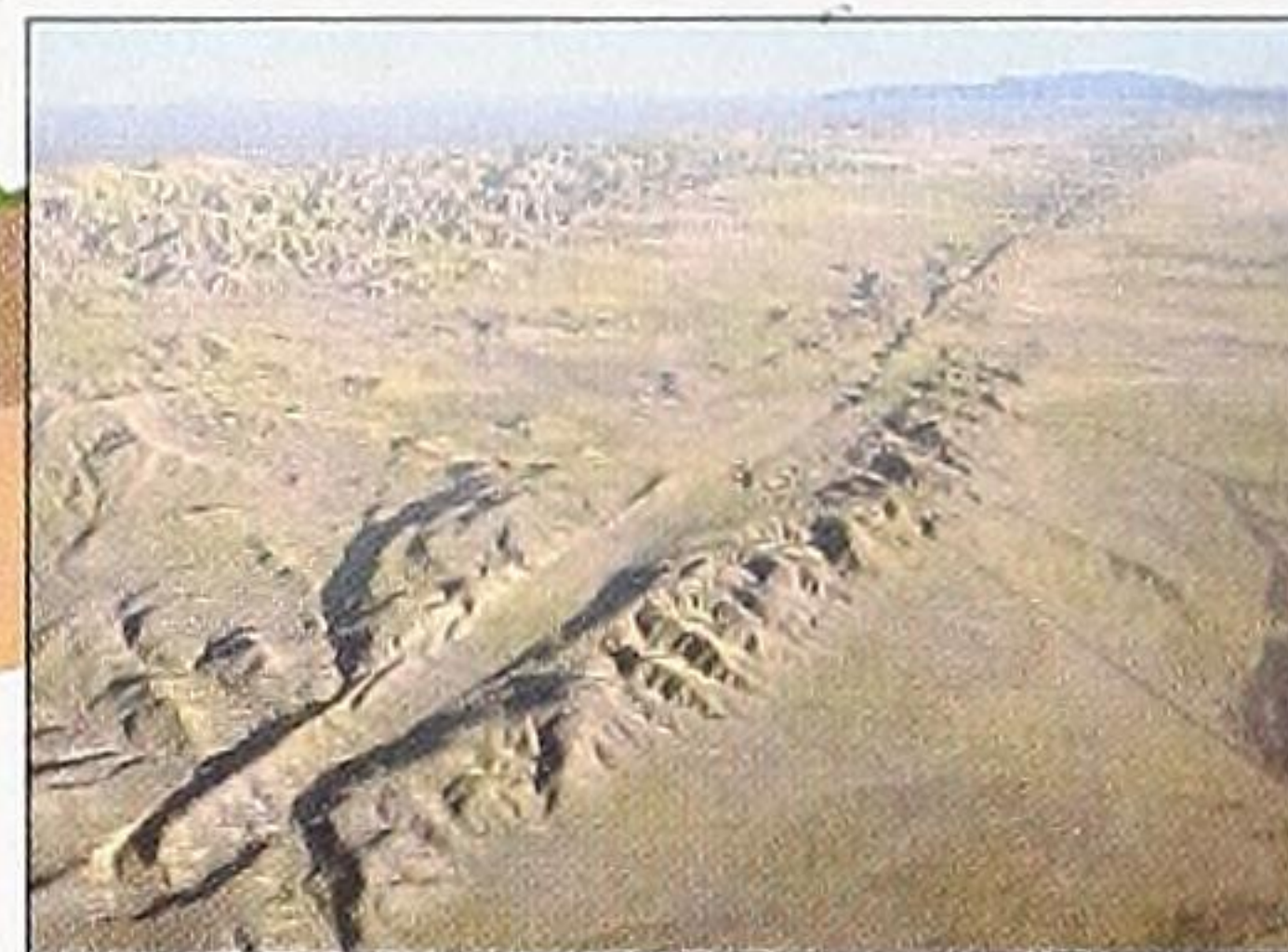
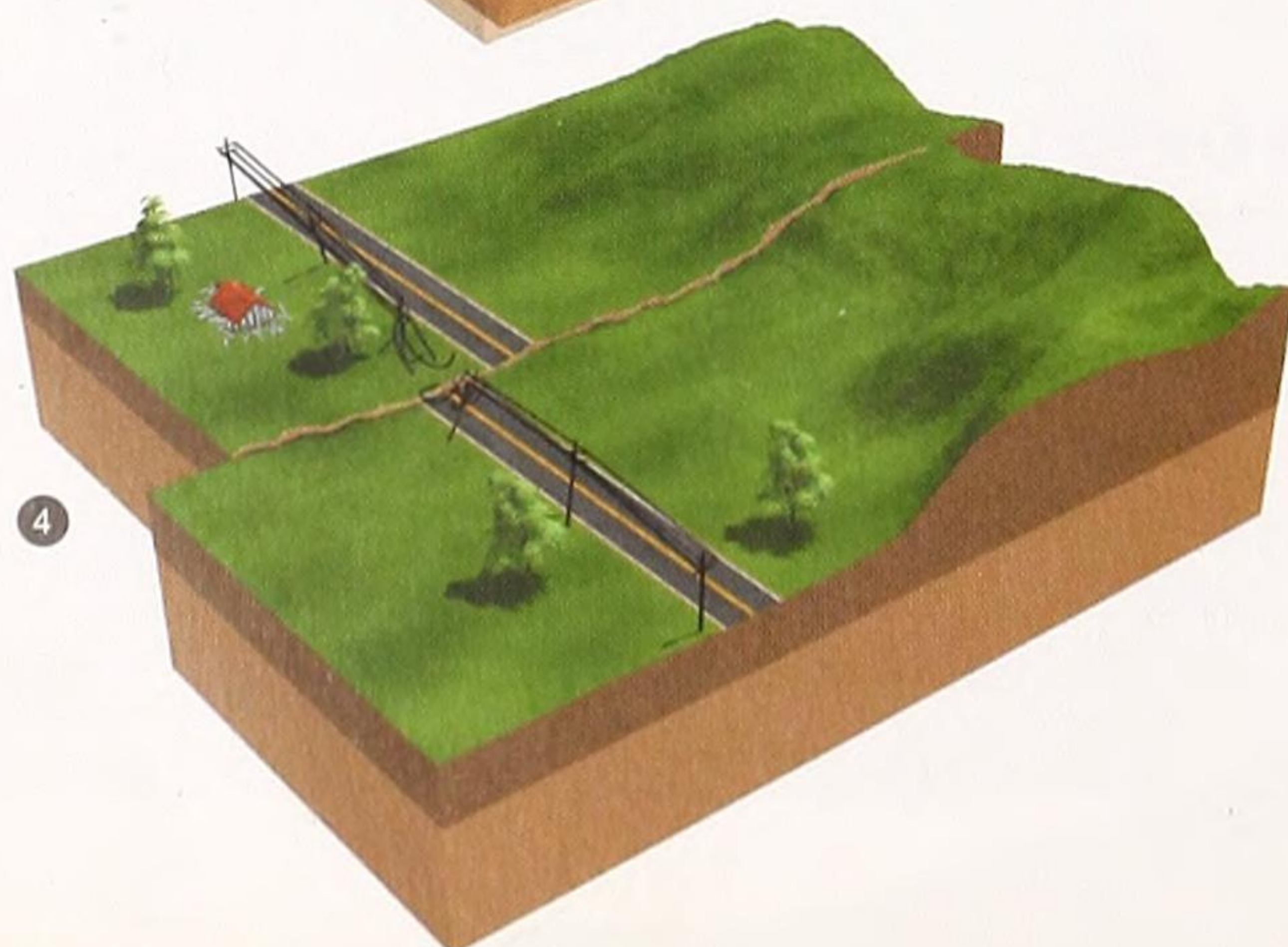
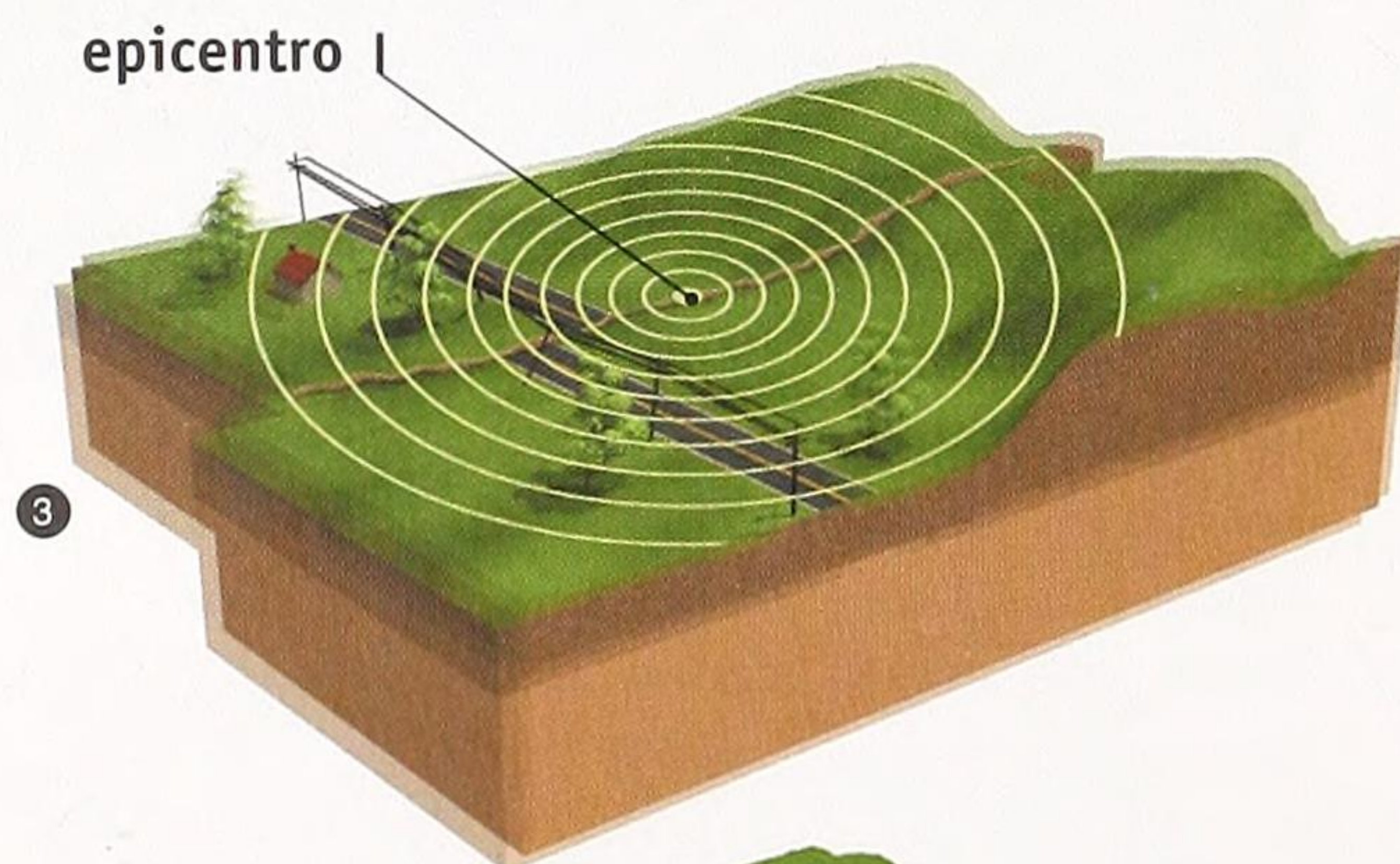
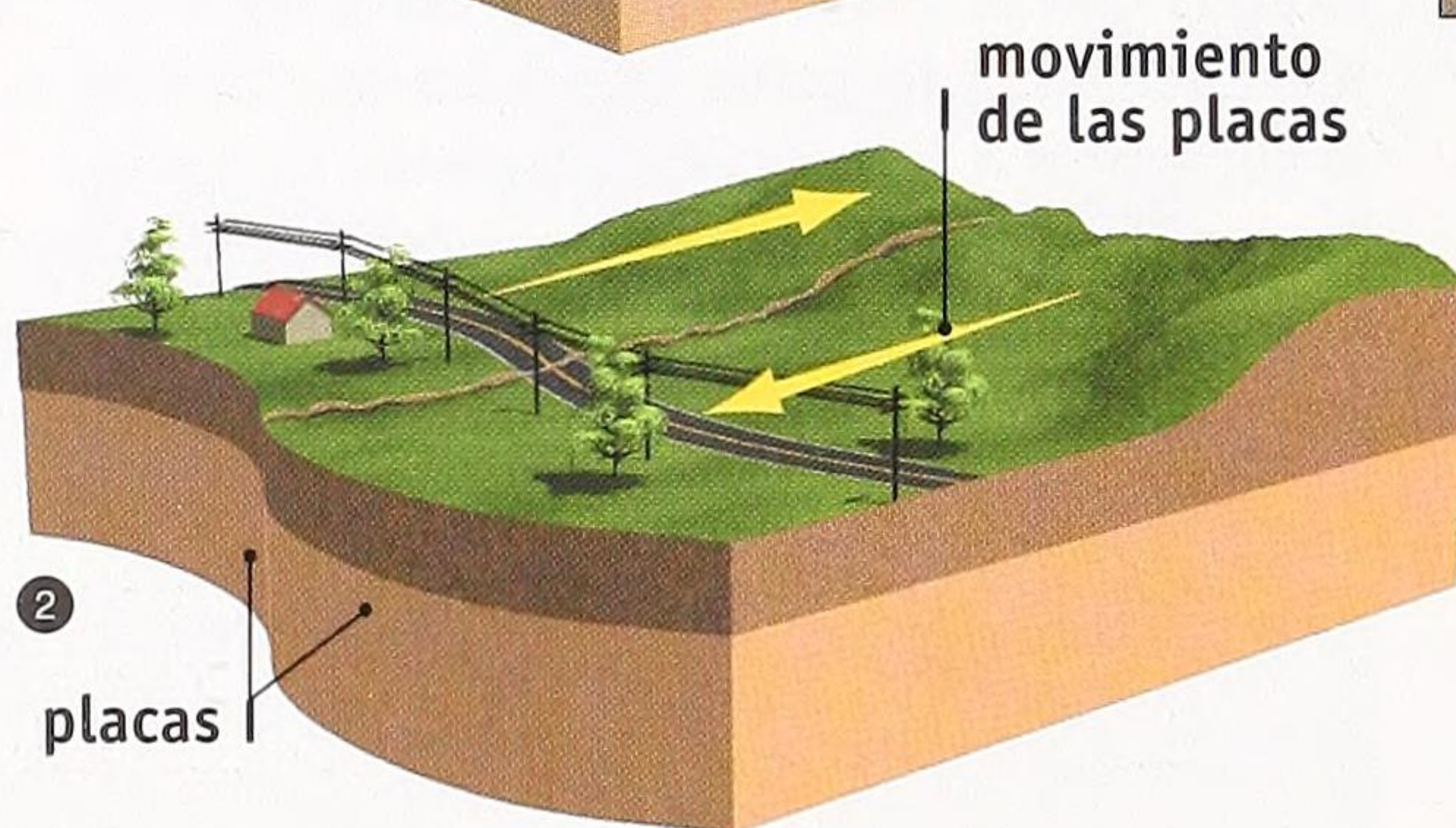
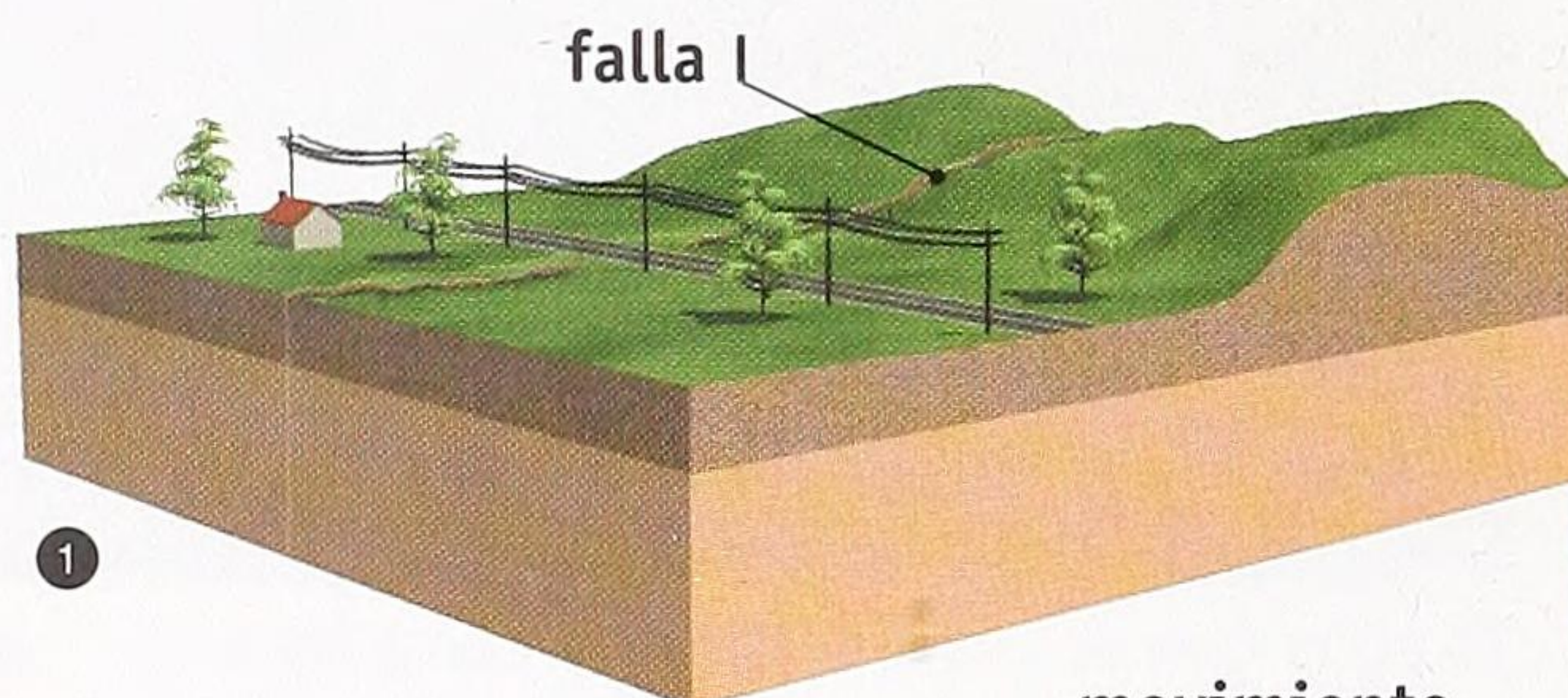


# Los sismos

*Una liberación intensa de energía*

Llamados normalmente «terremotos», los sismos se producen cuando la superficie del globo es sacudida por una descarga de energía que nace en las profundidades de la Tierra. El movimiento de las placas de la litosfera, que se desplazan de 1 a 18 cm cada año, y las enormes tensiones que acumulan en sus puntos de coincidencia son los responsables directos de la actividad sísmica. Los sismos se manifiestan principalmente en las regiones volcánicas y en proximidad de cadenas montañosas jóvenes, en el borde de las placas.

Se estima en casi un millón el número de sismos que sacuden la Tierra cada año, pero solo un 5% de ellos se perciben, los otros son de una magnitud demasiado débil. Cuando se producen en un ambiente urbano, los terremotos causan auténticos desastres, ocasionando a veces la muerte de miles de personas.



La **falla de San Andrés**, en California, se encuentra entre las más conocidas fracturas de la corteza terrestre.

## CÓMO SE PRODUCE UN SISMO

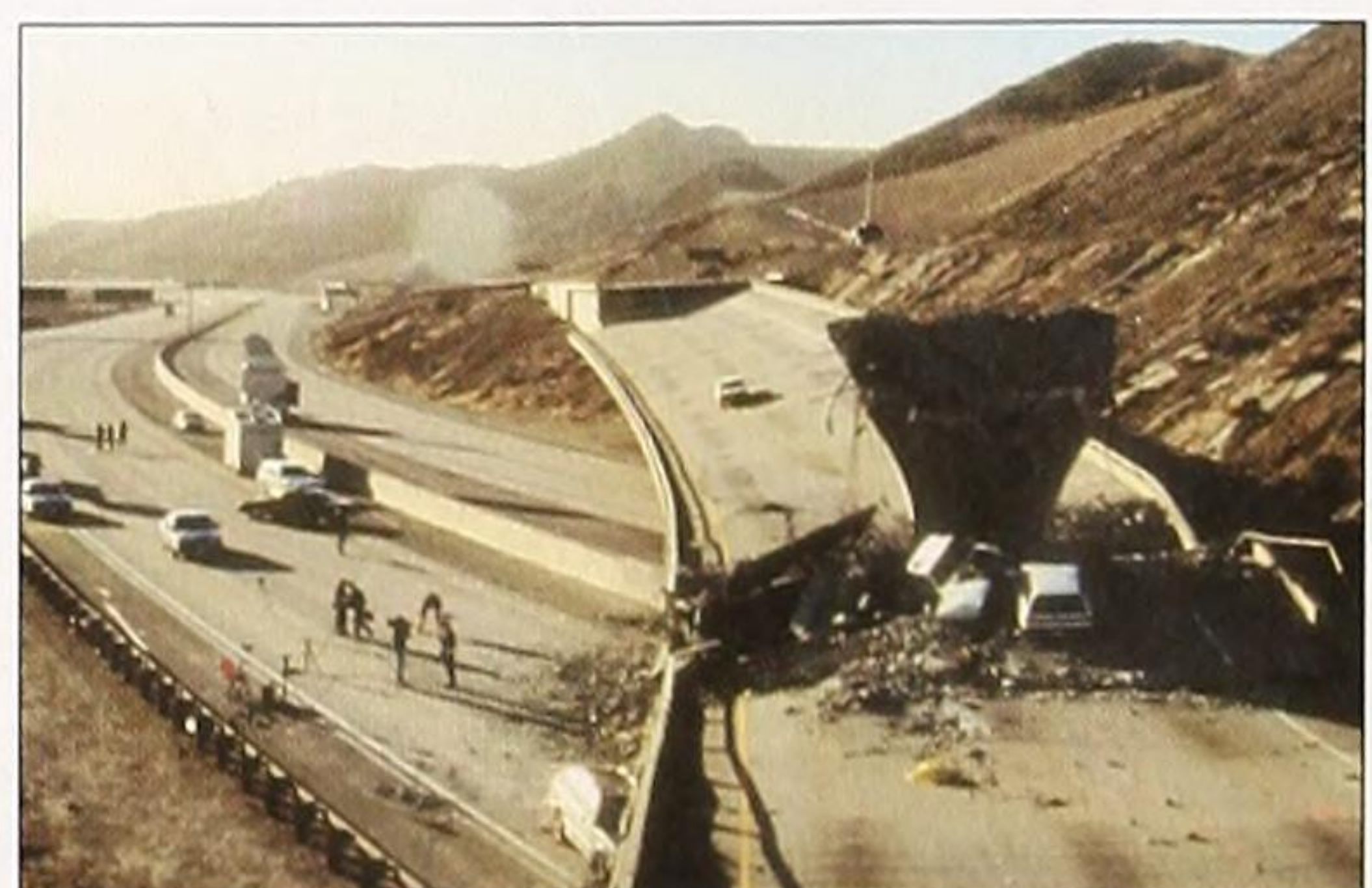
Normalmente, los terremotos se producen a lo largo de las fallas de la corteza terrestre, en el punto de coincidencia de dos placas tectónicas ①.

El movimiento de las placas comprime y estira la roca, someténdola de esta manera a tensiones y fricciones considerables. En esta etapa, los bordes de las placas permanecen solidarios e inmóviles ②.

Cuando la fuerza se hace mayor, una cantidad inmensa de energía se libera de manera brutal, produciendo en la corteza terrestre una serie de sacudidas y vibraciones que se propagan hasta la superficie ③.

Después del sismo, la región afectada sufre una modificación morfológica ④.

Poco a poco, las tensiones vuelven a acumularse.



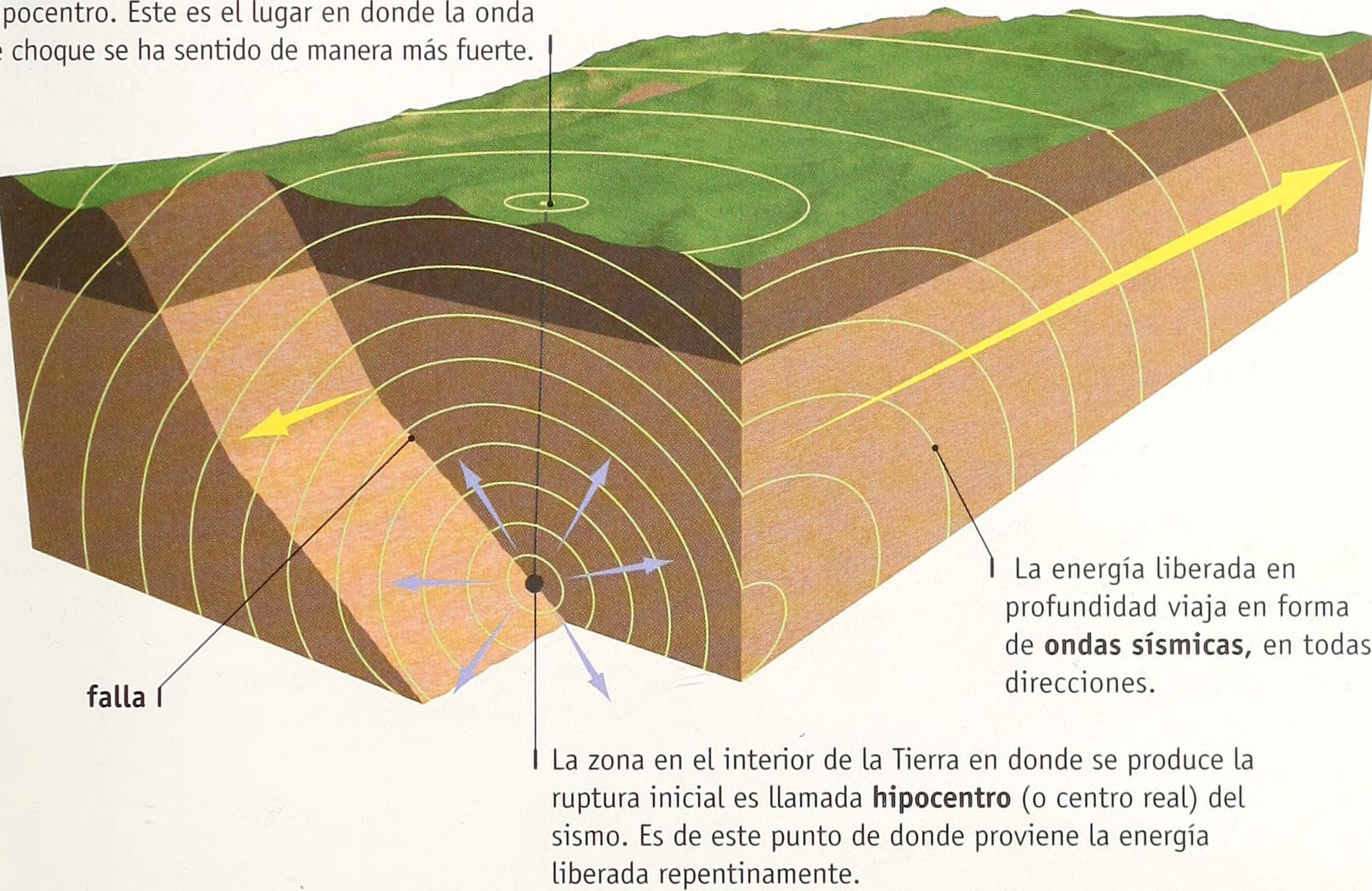
El terremoto ocurrido en la región de Los Ángeles, en California, en enero de 1994 tuvo efectos devastadores.



LOCALIZACIÓN DE UN SISMO

Cuando se describe la localización de un sismo, se distinguen dos zonas concretas: el hipocentro y el epicentro. El hipocentro se puede situar hasta 700 km por debajo de la superficie. Cuanto más profundo es el centro, más lejos se propagan las ondas. De todas formas, la mayor parte de los sismos tienen su hipocentro a menos de 20 km de profundidad. Cada partícula oscila, y esta oscilación se transmite muy rápidamente de una partícula a otra en distancias muy largas, como círculos concéntricos en la superficie del agua.

El **epicentro** (o centro relativo) designa a la región situada en superficie, a la vertical del hipocentro. Este es el lugar en donde la onda de choque se ha sentido de manera más fuerte.



| LA ESCALA DE RICHTER |                                                                      |                  |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------|
| magnitud             | efectos                                                              | frecuencia anual |
| < 2                  | micro sismo, no perceptible, registrado por los instrumentos locales | 600,000          |
| 2-2.9                | sismo potencialmente perceptible                                     | 300,000          |
| 3-3.9                | sismo percibido por poca gente                                       | 50,000           |
| 4-4.9                | sismo percibido por la mayor parte de las personas                   | 6,200            |
| 5-5.9                | sismo moderado, algunos daños causados por las sacudidas             | 800              |
| 6-6.9                | sismo importante, daños en zonas habitadas                           | 100-300          |
| 7-7.9                | sismo mayor, daños importantes en zonas habitadas                    | 15-20            |
| > 8                  | sismo muy raro, destrucción total en zona habitada                   | 1-4              |

Existen varios métodos para calcular la intensidad de un terremoto. Algunos tienen en cuenta la amplitud de los daños materiales (fragmentos, rotura de cristales, derrumbamiento de edificios, etc) y necesitan de una observación sobre el terreno. Es el caso de la escala de Mercalli.

Concebida por el geofísico americano Charles Francis Richter, la escala de Richter mide de manera más precisa la magnitud del sismo, es decir la cantidad de energía liberada. Cada número entero de la escala corresponde a una fuerza 32 veces más potente del número precedente. De esta forma un sismo de magnitud 6 es 32 veces más potente de un sismo de magnitud 5.



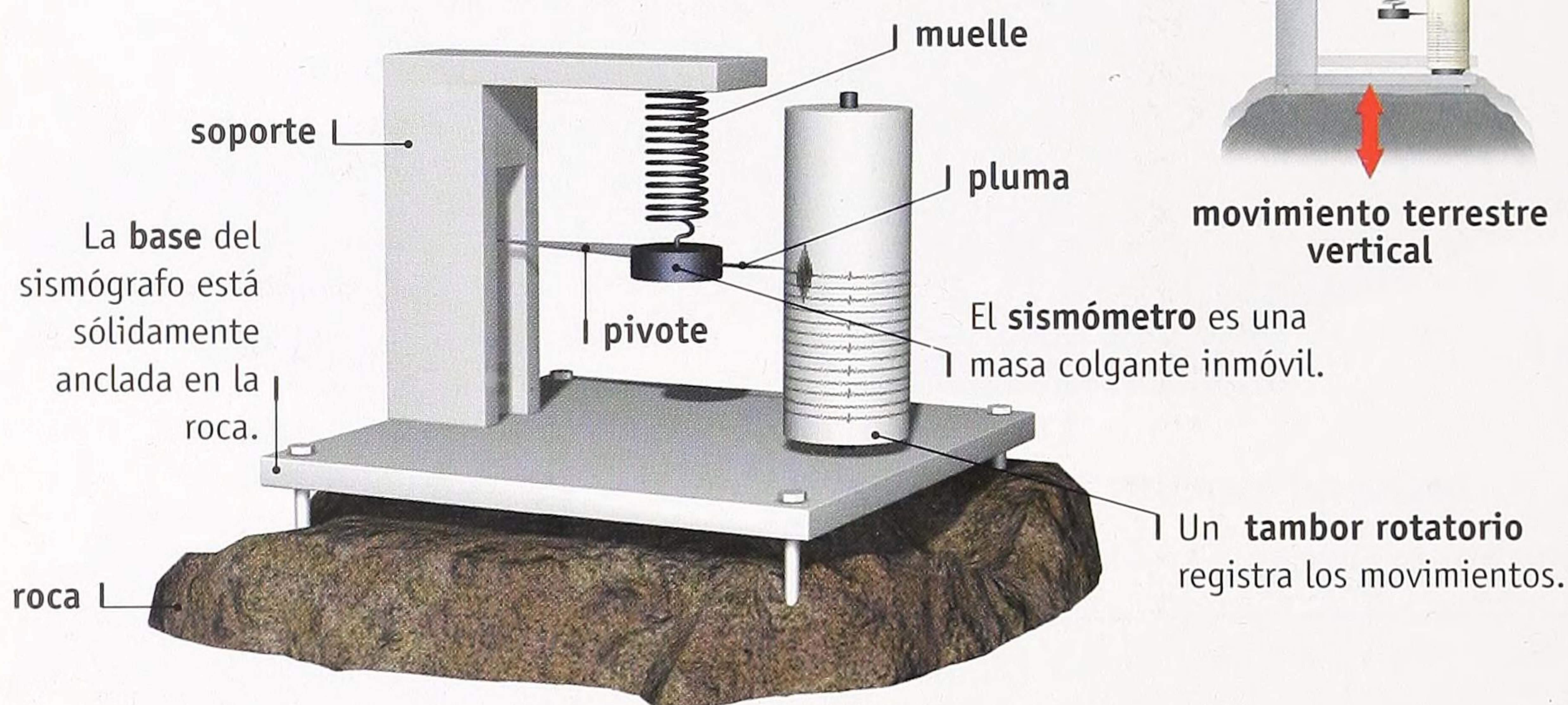
# Ondas sísmicas

## Medida y localización de terremotos

Cuando la tensión entre las placas alcanza su máximo, se libera una increíble cantidad de energía en la forma de ondas de choque llamadas ondas sísmicas. Estas olas viajan grandes distancias, causando vibraciones en las rocas hasta la superficie.

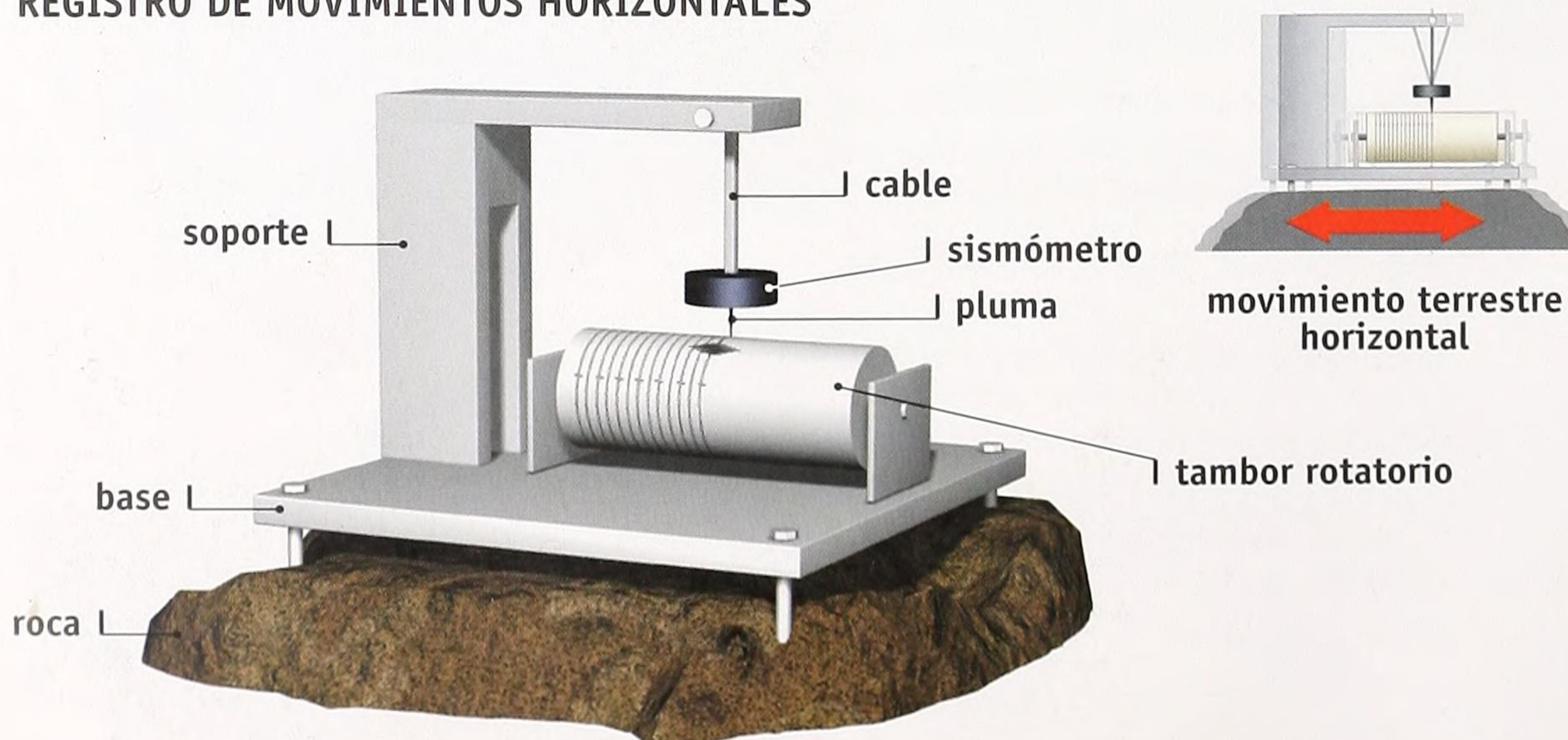
La intensidad de los terremotos se mide con un sismógrafo, un instrumento que mide los movimientos horizontales y verticales de la tierra. Un sismograma (el diagrama que produce un sismógrafo) crea una representación de las ondas que sacuden a la Tierra. Hace una línea quebrada, donde cada pico corresponde a un movimiento de la tierra.

### REGISTRO DE MOVIMIENTOS VERTICALES



Cuando ocurre un terremoto, el movimiento de la tierra causado por ondas sísmicas se transmite a la base del sismógrafo. El sismómetro, como un péndulo, permanece quieto debido a la inercia, de modo que sirva como un punto de referencia independiente en relación al movimiento de la tierra. La pluma, conectada al péndulo, registra los movimientos en un tambor rotatorio.

### REGISTRO DE MOVIMIENTOS HORIZONTALES

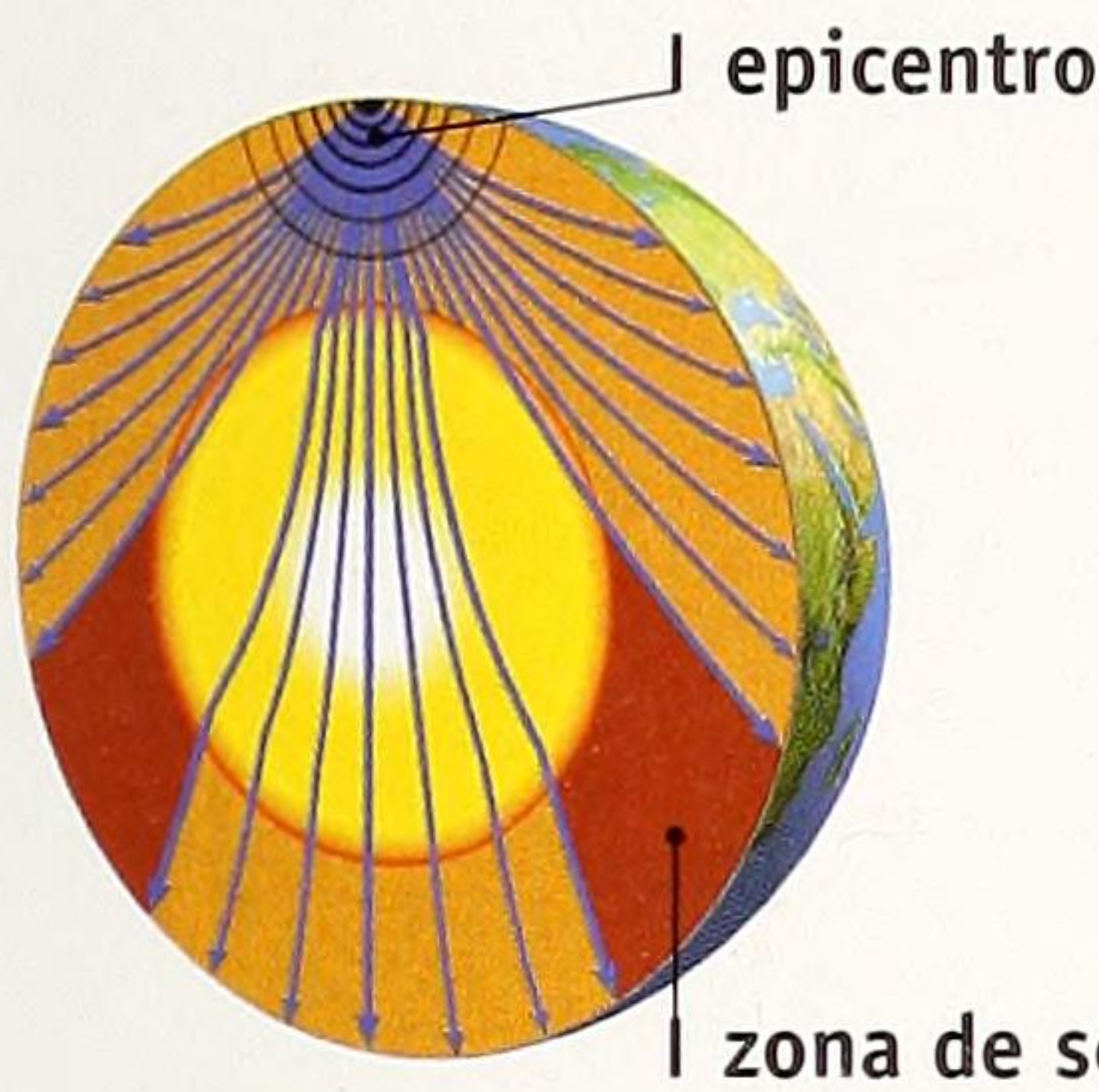


El aparato que se usa para registrar los movimientos horizontales funciona de la misma manera. Cuando la tierra se mueve, el sismógrafo se mueve horizontalmente, excepto por el péndulo, que permanece quieto.

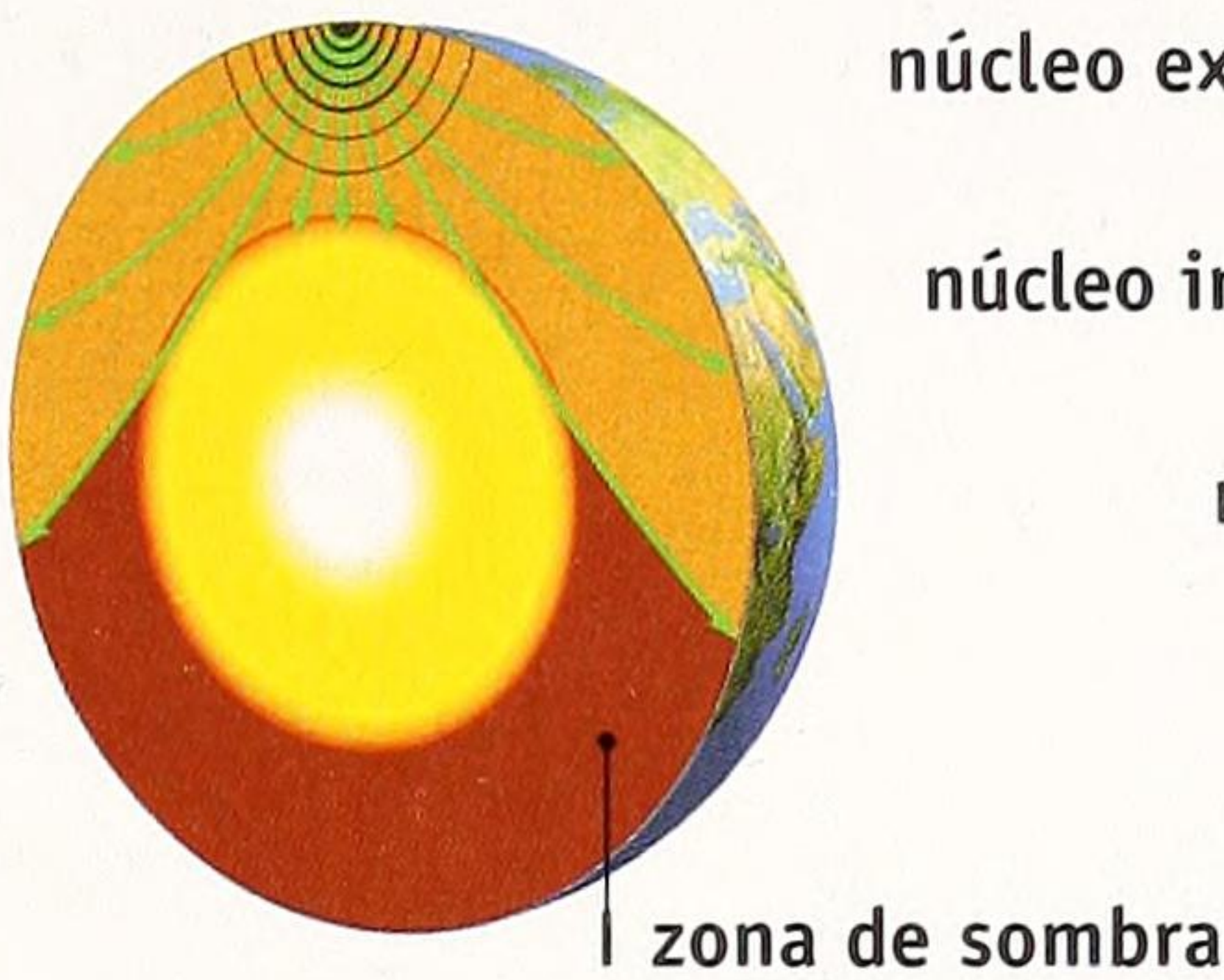


TRES TIPOS DE ONDAS SÍSMICAS

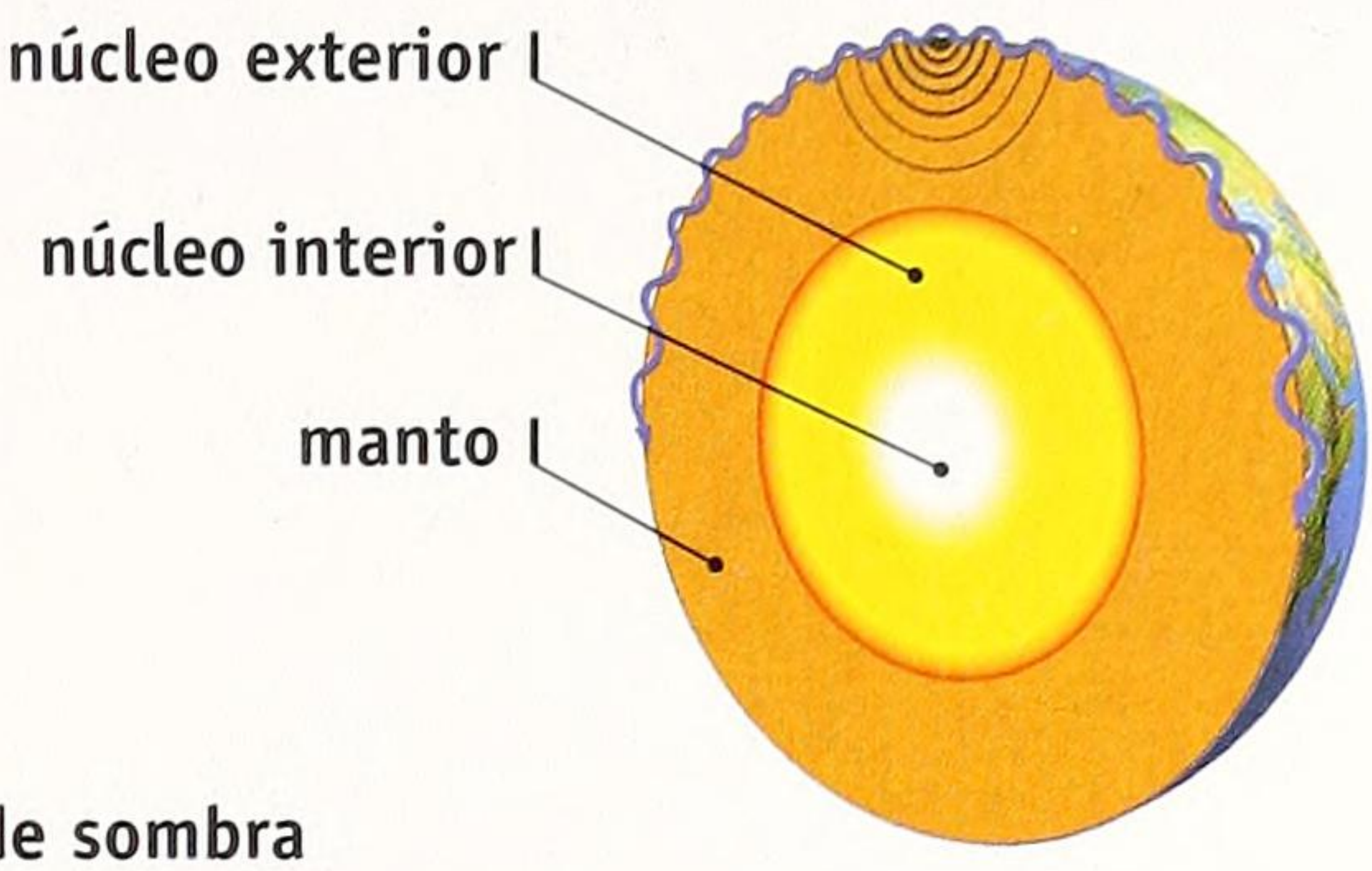
Las ondas sísmicas producidas por un terremoto viajan grandes distancias y se pueden detectar a grandes distancias desde su punto de origen. Tres tipos de ondas viajan a diferentes velocidades en la superficie y a través de la tierra.



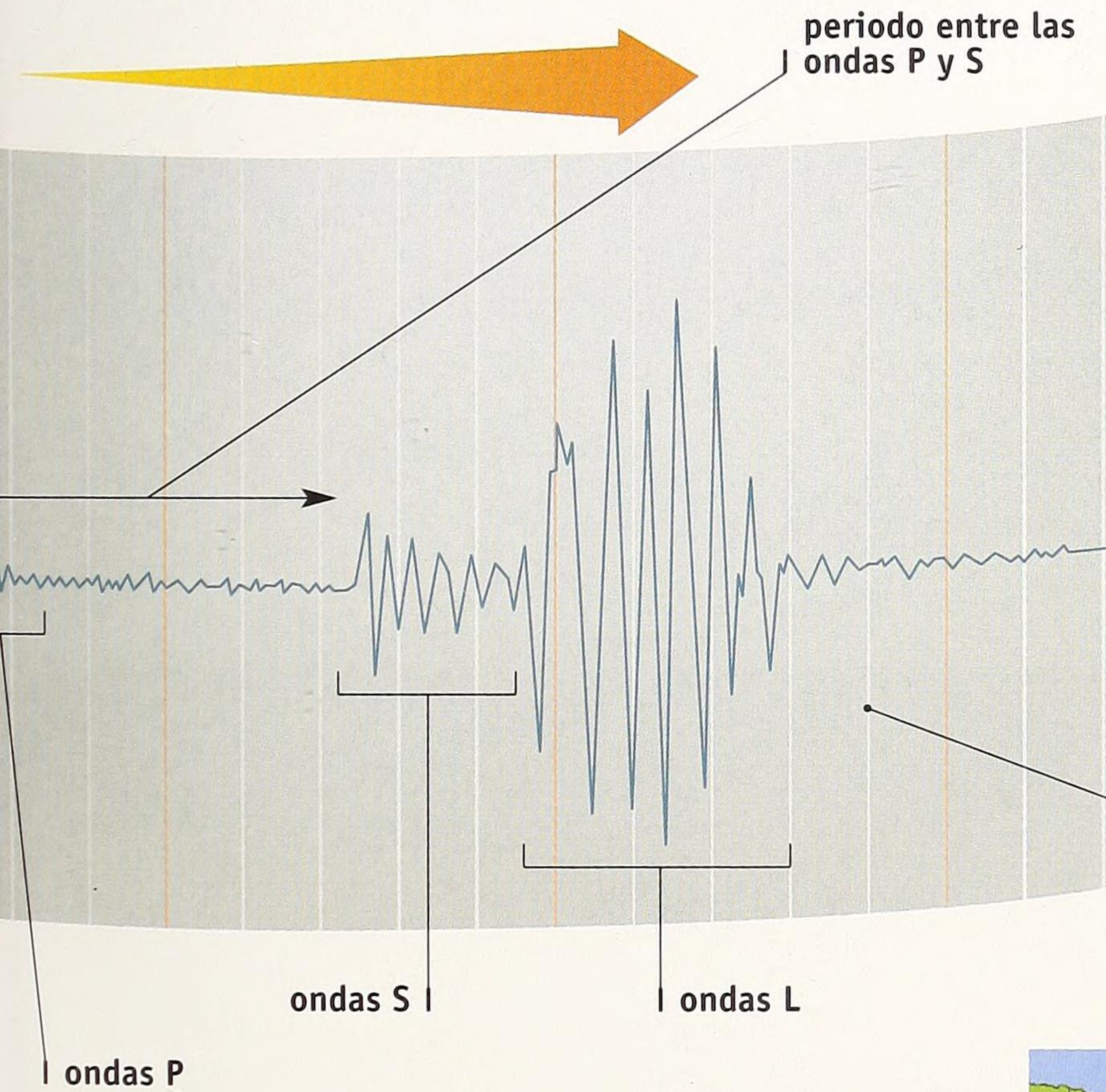
Las **ondas P** (ondas primarias) se transmiten a través de todos los materiales y son las primeras que registran los sismógrafos. Las diferencias en las propiedades mecánicas entre el manto y el núcleo evitan que lleguen a ciertas zonas del planeta, que se llaman zonas de sombra.



Las **ondas S** (ondas secundarias) se propagan sólo en materiales sólidos y viajan más lento que las ondas P. Bloquean el núcleo líquido de la Tierra y dejan una mayor zona de sombra.



Cuando alcanzan la superficie, las ondas P y S se convierten en **ondas L** (ondas de Love), que actúan sólo en la superficie y son las más lentas de las tres.



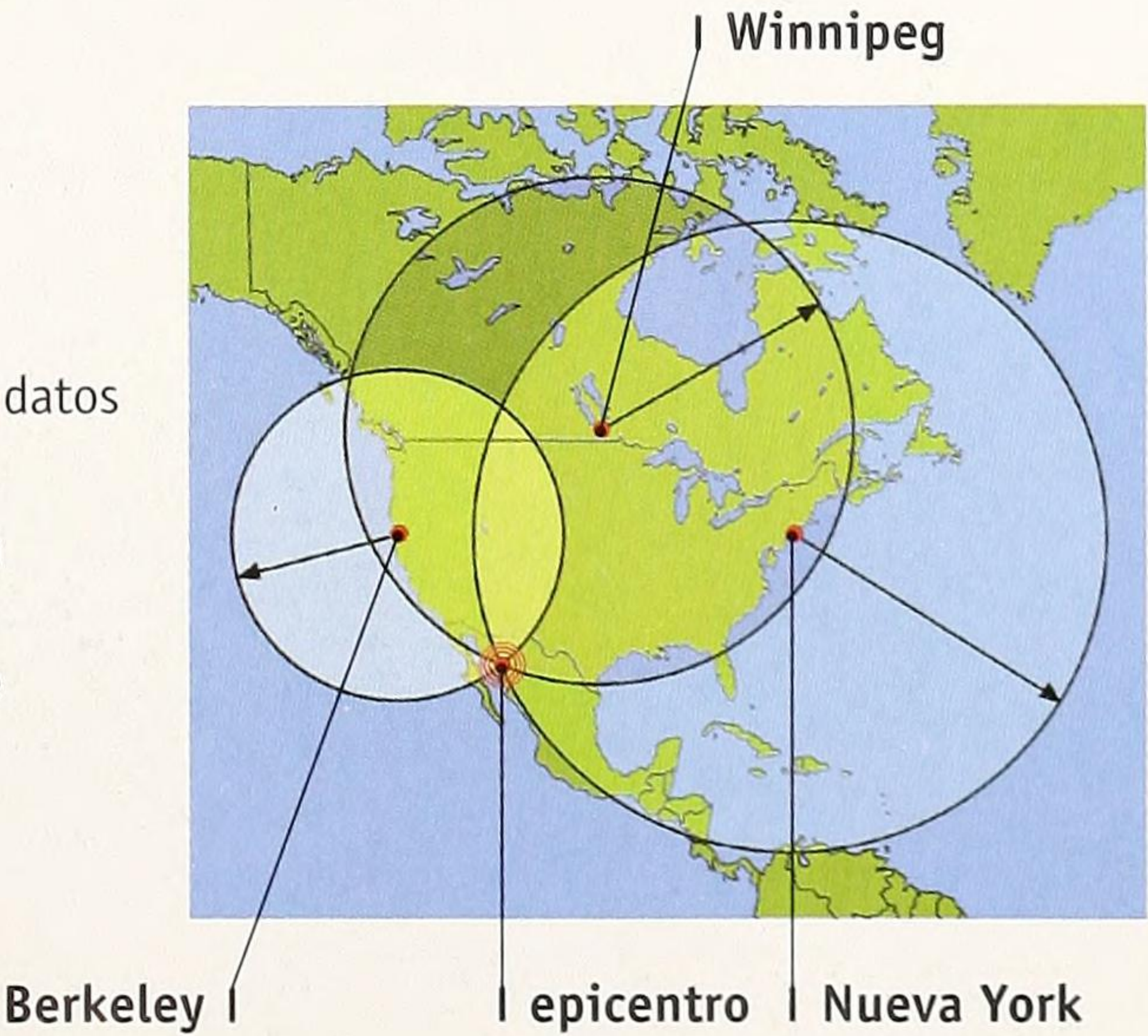
ANÁLISIS DEL SISMOGRAMA

Cuando ocurre un terremoto, las oscilaciones de la tierra se representan en un sismograma con ondas características, correspondientes a los tres tipos de ondas sísmicas. La distancia entre el sismógrafo y el epicentro se mide calculando el tiempo que pasa entre el inicio de las ondas P y el inicio de las ondas S.

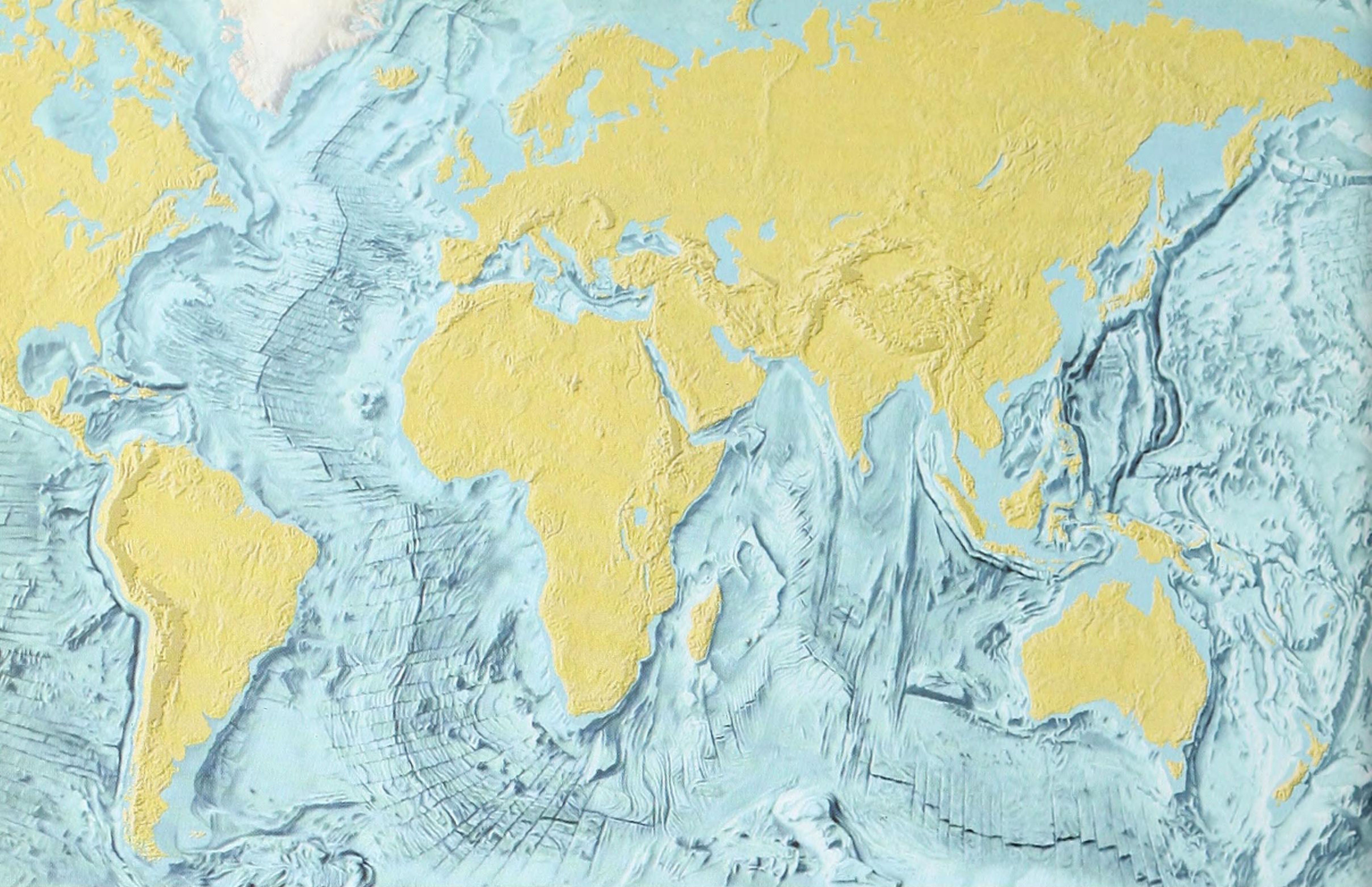
LOCALIZACIÓN DEL EPICENTRO

El epicentro de un terremoto se determina analizando los datos de tres estaciones localizadas en diferentes lugares.

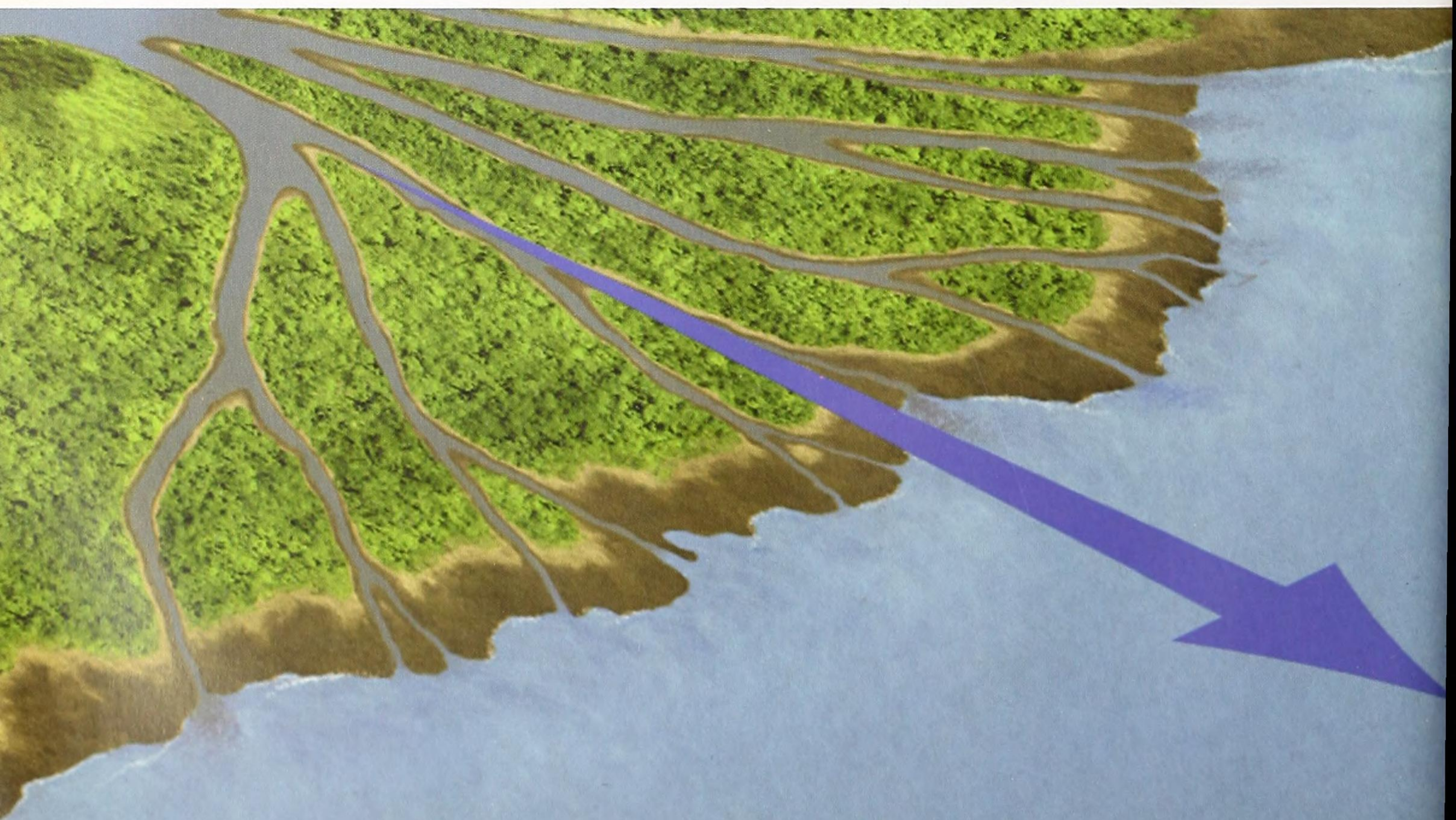
Para la ubicación precisa, los sismólogos de cada estación dibujan un círculo con un radio equivalente a la distancia mostrada en la gráfica. El punto donde los tres círculos se interceptan es el epicentro.



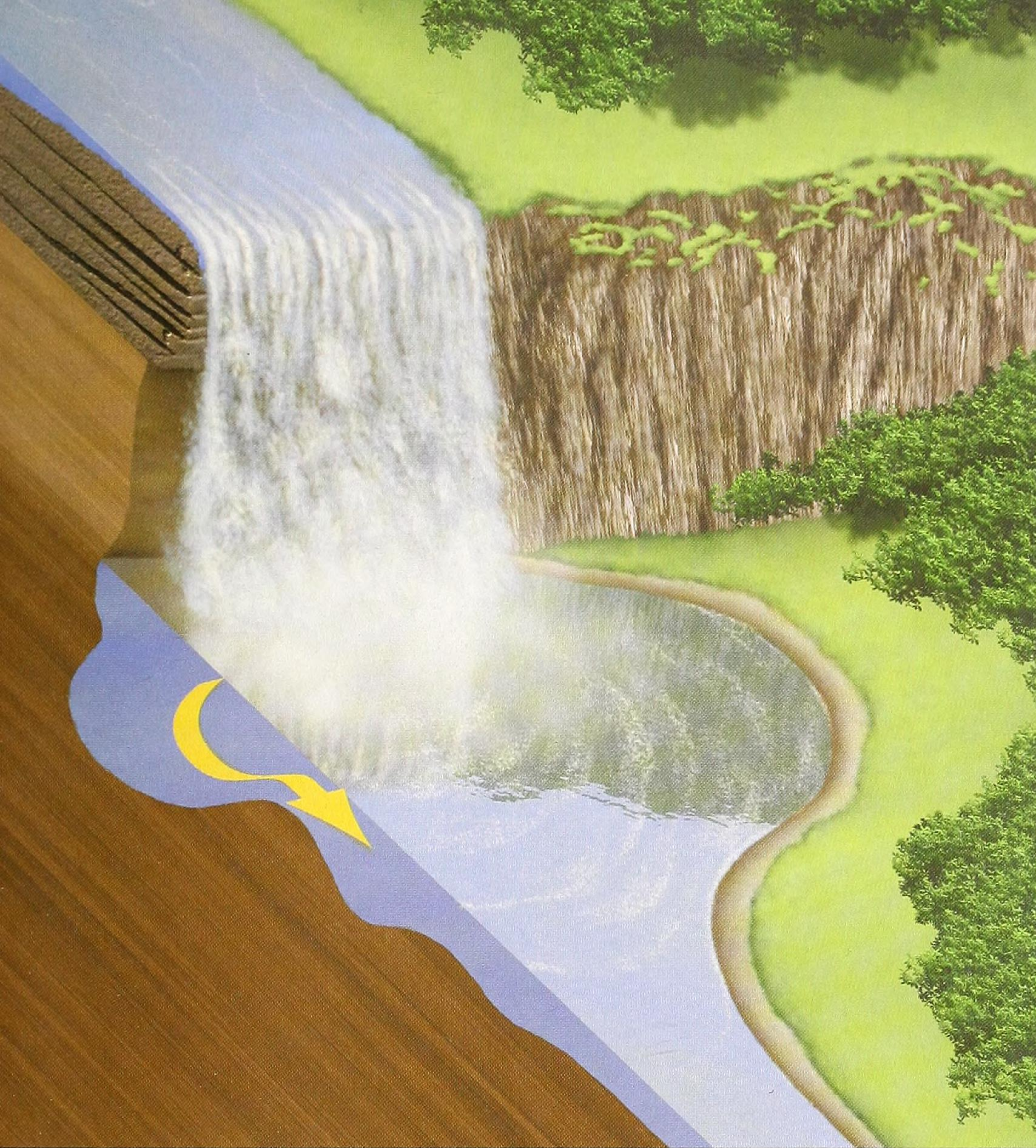




¿Cuándo se convierte un arroyo en un río? ¿Cómo se ve el fondo marino? ¿Por qué existen las mareas? De las cumbres de las montañas a las profundidades abismales, el agua está presente por todo nuestro planeta; de hecho, cubre las dos terceras partes de la superficie de la Tierra. El océano es el escenario de **fenómenos fascinantes**, como las corrientes oceánicas, los tsunamis y las olas, y es un factor esencial en el intercambio de energía y materiales alrededor del mundo.







# Aguas y océanos

- 52 **Cursos de agua**  
*¿Cómo ríos y riachuelos irrigan el planeta?*
- 52 **Ríos y lagos del mundo**  
*Agua dulce en la superficie de la tierra*
- 56 **El océano del mundo**  
*Vastos cuerpos de agua cubren el planeta*
- 58 **El fondo marino**  
*Paisajes submarinos*
- 60 **Fosas y dorsales oceánicas**  
*Los relieves del lecho marino*
- 62 **Corrientes oceánicas**  
*La circulación de las aguas oceánicas*
- 64 **Olas**  
*Un fenómeno de la superficie*
- 66 **Tsunamis**  
*Olas gigantes*
- 68 **Las mareas**  
*Cuerpos celestes mueven los mares*



# Las corrientes de agua

*Cómo ríos y riachuelos irrigan el planeta*

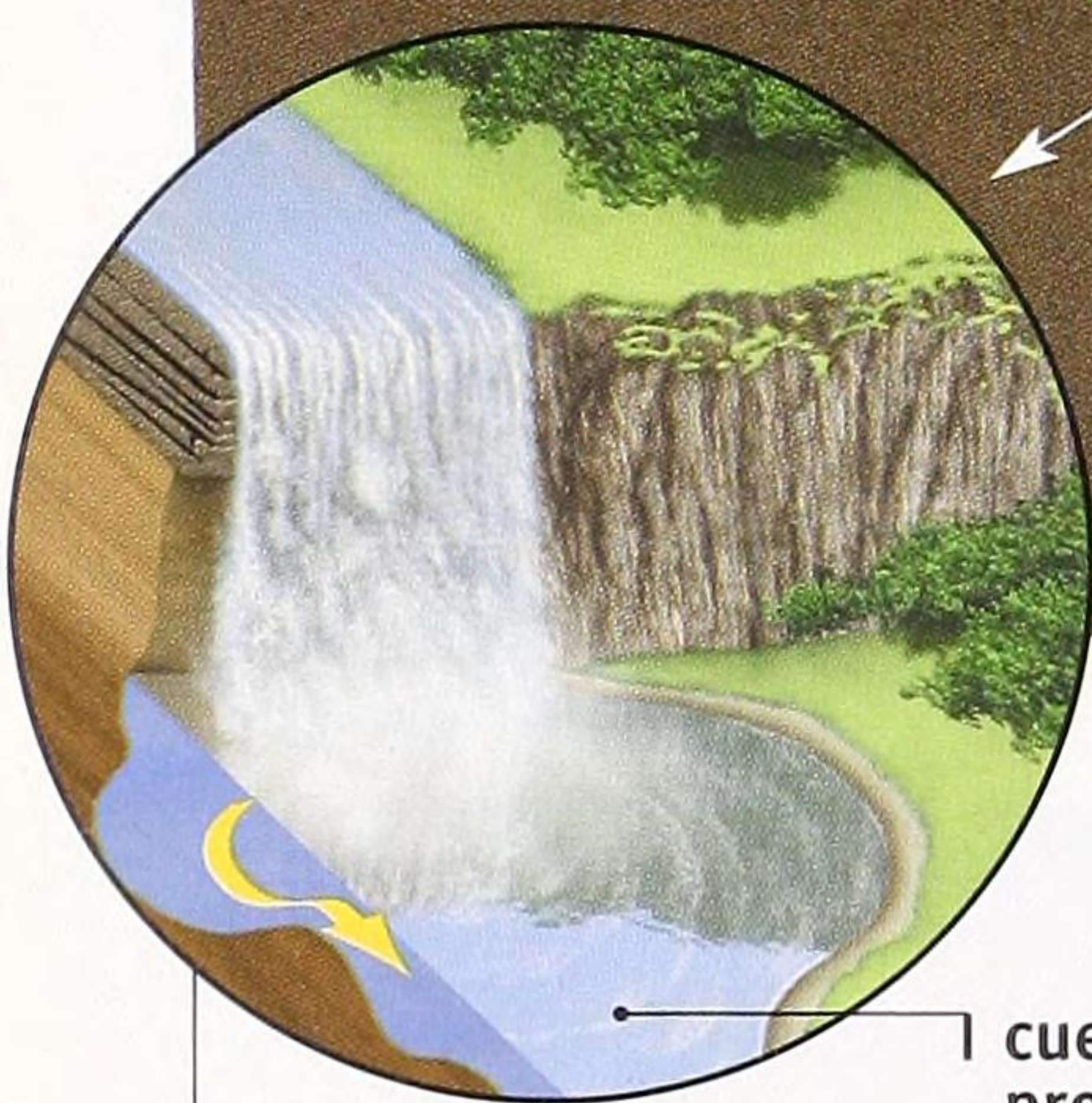
Al fluir desde la cima de las montañas hasta el mar, el agua alimenta glaciares, lagos, riachuelos y ríos. Al llegar al mar, se evapora y forma nubes, que abastecen de nuevo a las corrientes de agua. Desde hace millones de años, este vasto ciclo de agua dibuja los paisajes excavando valles, erosionando montañas, modificando litorales.

El agua y los océanos

Al principio de su recorrido, el río desciende las pendientes de las montañas y excava los lechos de las corrientes de agua, recortando profundos **desfiladeros**.



Al pie de las montañas, el río se ensancha y su caudal disminuye. El lecho y las orillas se erosionan y crean un **valle**.



cuenca de prolongación

Un río que alimenta un lago se llama **brazo de río**

Una corriente de agua que se vacía dentro de otra se llama **tributario**.

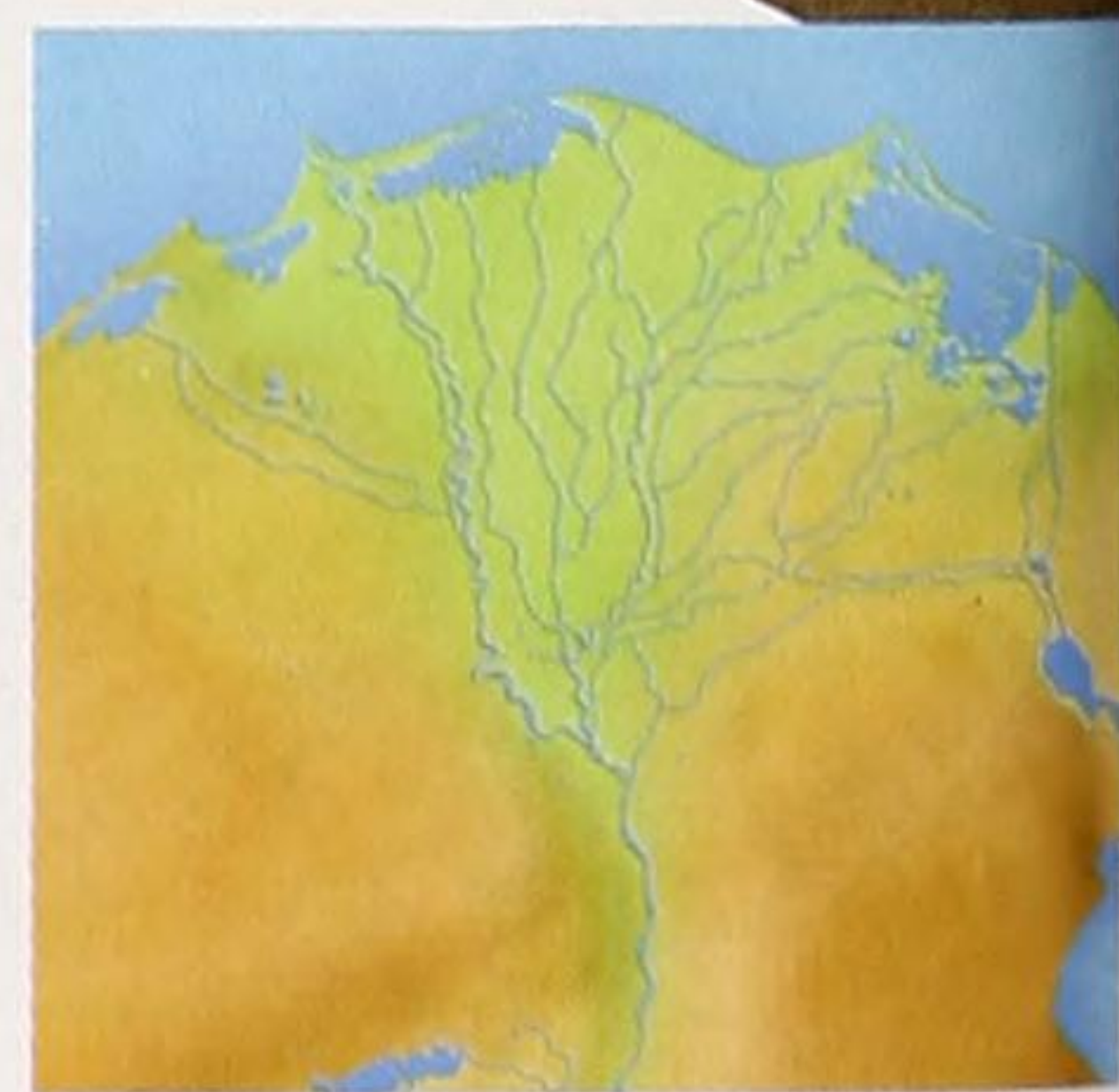
## EN LA DESEMBOCADURA DE LOS RÍOS

Cuando un río encuentra una marea más intensa que su corriente, los sedimentos que arrastra se dispersan. El río se abre como un embudo: es lo que se denomina **estuario**.

Cuando no encuentra una corriente más fuerte, el río deposita sus sedimentos en la embocadura. Los aluviones, es decir, los depósitos de sedimentos, se disponen en forma de abanico dividiendo varios canales de tamaño y forma diferentes. Entonces se conoce como **delta**.



El estuario de Saint-Laurent, en Canadá.



El delta del Nilo, en Egipto.



# LAS REDES HIDROGRÁFICAS

Las corrientes de agua (manantiales, riachuelos, ríos y lagos) forman una red hidrográfica jerarquizada: Cada una de ellas desemboca en una corriente de agua de mayor importancia hasta llegar al mar. Se organizan según una geometría constante que varía dependiendo del clima, de los relieves y de la naturaleza de las rocas. Se cuentan una docena de estas redes características.

Cada red hidrográfica está limitada por una frontera natural constituida por las cumbres de las mayores altitudes: se trata de la cuenca de las aguas. En América del Norte, esta línea atraviesa de norte a sur las montañas Rocallosas, al este, las corrientes de agua desembocan en el Atlántico; al oeste, alcanzan el Pacífico.



La **red dendrítica** (o arborescente) es una de las más comunes. Se encuentra en las zonas en donde el relieve y la naturaleza de las rocas son homogéneos.



La **red estrellada** (o radial) es característica en las montañas, en las corrientes de agua divergentes a partir de la cumbre.



La **red reticular**, de forma escaqueada, aparece frecuentemente en suelos constituidos por rocas alternativamente duras y blandas, a menudo cortadas por fallas.

## DEL MANANTIAL AL MAR

El agua de lluvia ❶ se infiltra en el suelo y aflora a la superficie en forma de manantial ❷ bajando por colinas y montañas. Alimentado a veces por el agua de la fuente de glaciares ❸, el manantial se transforma en torrente ❹, en el cruce de varios manantiales, convirtiéndose en un joven río ❺ que sigue su cauce a través de la montaña, prosigue entre pendientes abruptas y se zambulle en saltos de agua ❻. El riachuelo excava profundos desfiladeros ❼, y después se ensancha. Alimentado por afluentes ❽, se convierte en un río ❾. Cada vez más ancho, el río genera meandros ❿. En su desembocadura forma a menudo un delta ⓫, saturado por los sedimentos que ha transportado, y desagua en el mar ⓬. La evaporación ⓭ del agua de los océanos forma de nuevo nubes. El ciclo del agua vuelve a empezar.

Cuando alcanza la **llanura**, el riachuelo llega a su nivel de baja y forma meandros en los que se depositan sedimentos.





# Ríos y lagos del mundo

*El agua dulce de la superficie del globo*

En los continentes, bañados por los océanos, también hay vastas redes hidrográficas. Respecto a la suma total de agua que existe sobre la Tierra, la cantidad de agua que hay en los riachuelos, ríos y lagos es mínima (apenas 0,03%), pero de todas formas representa un volumen muy importante. Al fluir desde las montañas, las aguas de la superficie riegan los valles y las llanuras de todo el globo terrestre. Un río como el Amazonas se beneficia del aporte de 15,000 afluentes. Incluso las zonas desérticas ofrecen de vez en cuando un oasis que descubre un manto de agua subterránea.



LOS RÍOS MÁS LARGOS

|                            | longitud<br>(km) | cuenca<br>(km <sup>2</sup> ) |
|----------------------------|------------------|------------------------------|
| ① Nilo                     | 6,670            | 3,349,000                    |
| ② Amazonas                 | 6,570            | 6,000,000                    |
| ③ Yangtsé                  | 6,300            | 1,808,000                    |
| ④ Mississippi – Missouri   | 5,970            | 3,290,000                    |
| ⑤ Yenisey – Angara         | 5,870            | 2,554,000                    |
| ⑥ Ob-Irtych                | 5,410            | 2,972,000                    |
| ⑦ Paraná – Río de la Plata | 4,880            | 2,800,000                    |
| ⑧ Huang He                 | 4,840            | 752,000                      |
| ⑨ Congo                    | 4,630            | 3,730,000                    |
| ⑩ Amur                     | 4,440            | 1,930,000                    |

LOS MAYORES LAGOS

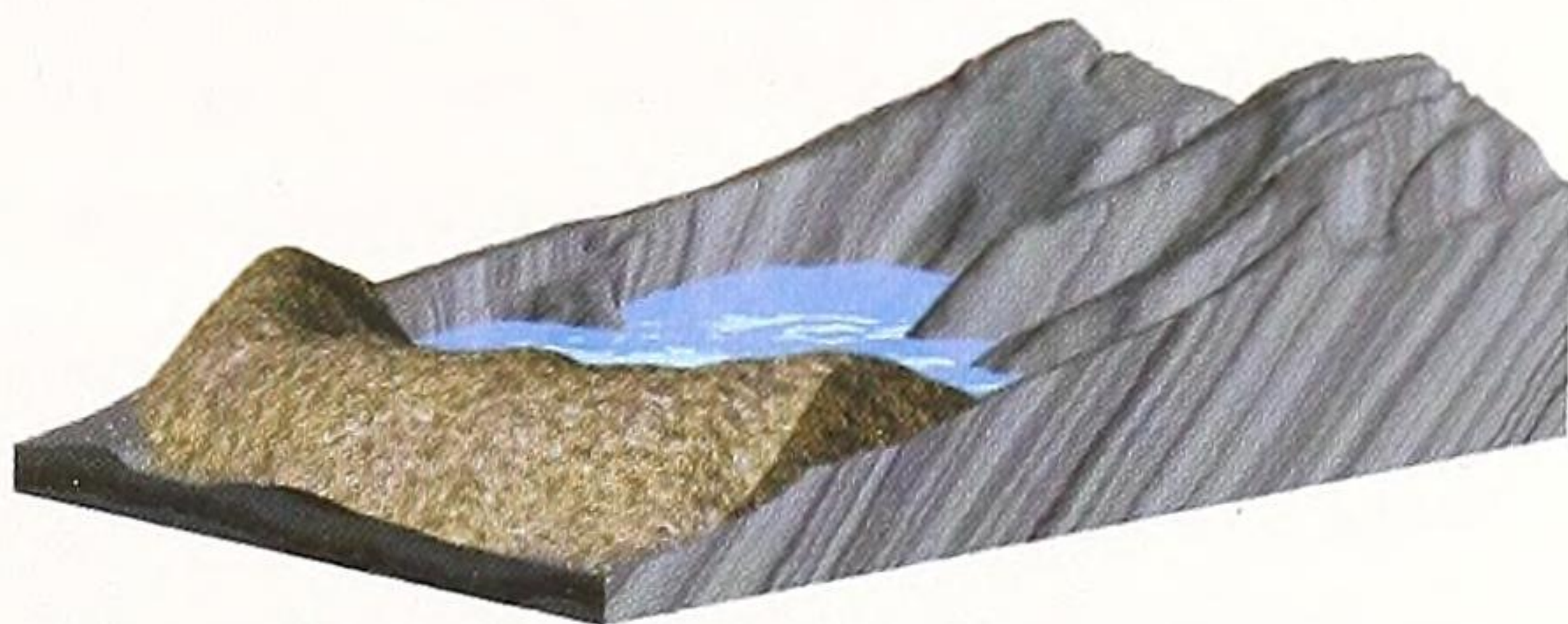
|                         | superficie<br>(km <sup>2</sup> ) | profundidad<br>(m) |
|-------------------------|----------------------------------|--------------------|
| ① mar Caspio            | 386,400                          | 1,025              |
| ② lago Superior         | 82,100                           | 405                |
| ③ lago Victoria         | 69,500                           | 82                 |
| ④ lago Hurón            | 59,800                           | 228                |
| ⑤ lago Michigan         | 57,750                           | 281                |
| ⑥ mar de Aral           | 33,800                           | 54                 |
| ⑦ lago Tanganika        | 32,900                           | 1,436              |
| ⑧ lago Baikal           | 31,700                           | 1,620              |
| ⑨ Gran lago del Oso     | 31,600                           | 82                 |
| ⑩ Gran Lago del Esclavo | 28,900                           | 614                |



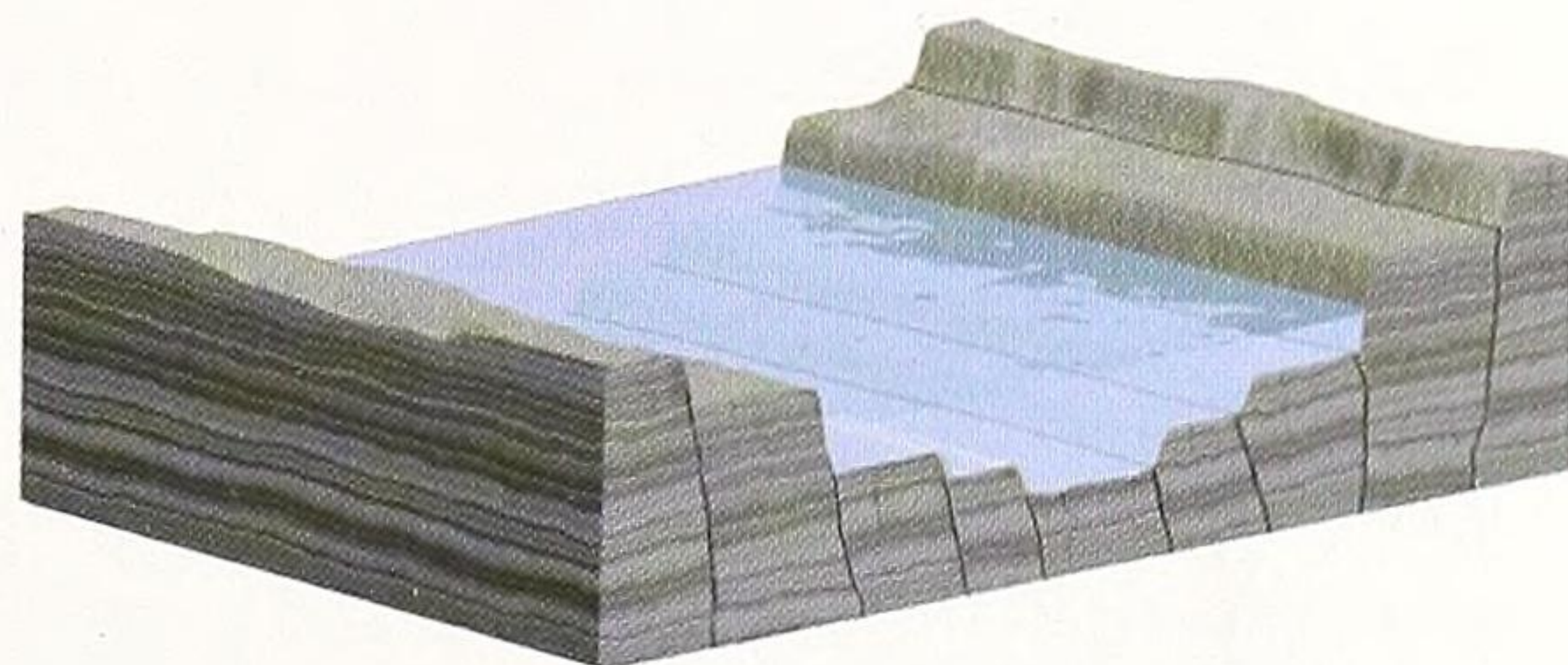
# LOS LAGOS

Las aguas de la superficie fluyen generalmente hacia el mar, pero a veces sucede que son retenidas por una depresión o una barrera y entonces forman un lago. Incluso si la mayor parte de los lagos se llenan de agua dulce, algunos presentan una elevada salinidad debido a una importante evaporación de agua y a la acumulación de sales minerales disueltas. El Gran Lago salado de Utah, en Estados Unidos, es incluso más salado que el océano. No es por lo tanto la naturaleza del agua lo que distingue a los mares de los lagos, sino el hecho que están o no influenciados por el océano mundial (conjunto que comprende los grandes océanos).

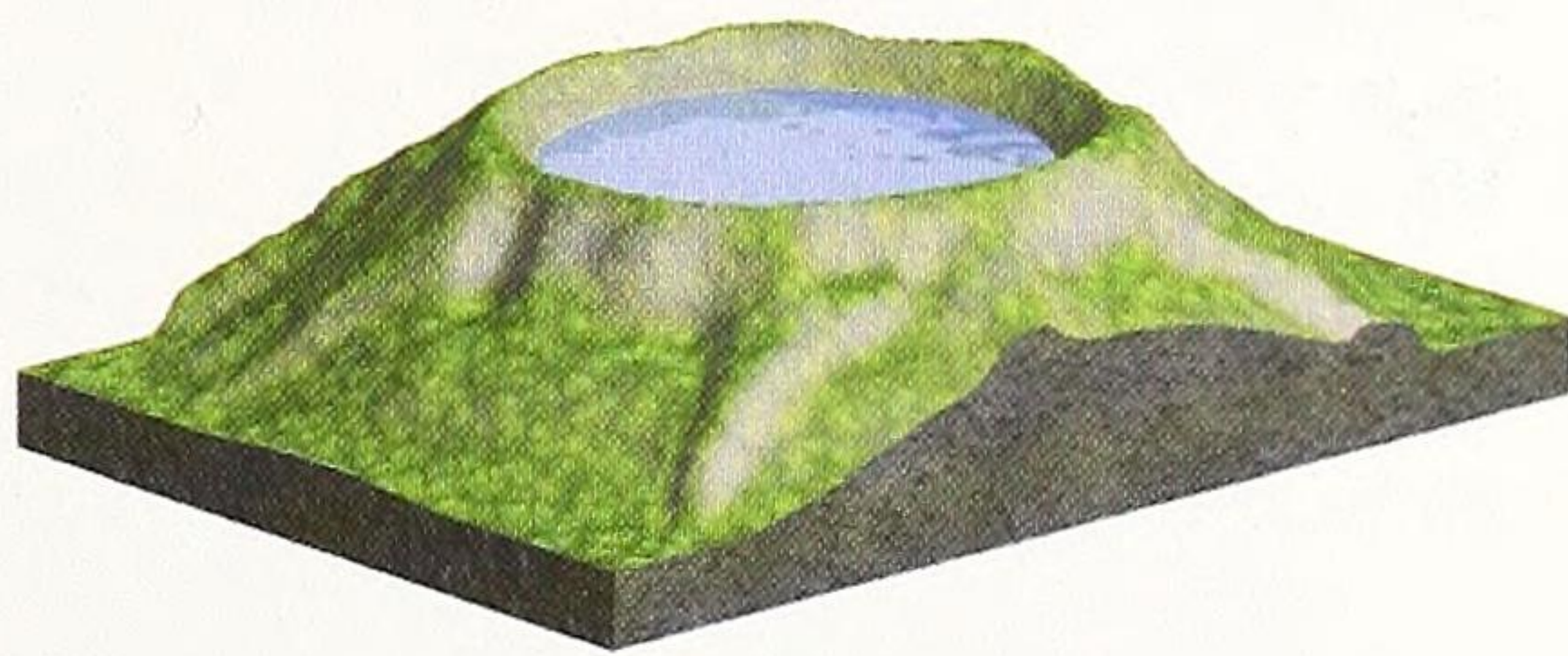
Las aguas de los **lagos de origen glaciar** se han acumulado en las depresiones excavadas por los glaciares y en los valles o morrenas, a veces de 200 m de altura, creando embalses. La mayor parte de los lagos del hemisferio Norte son de este tipo.



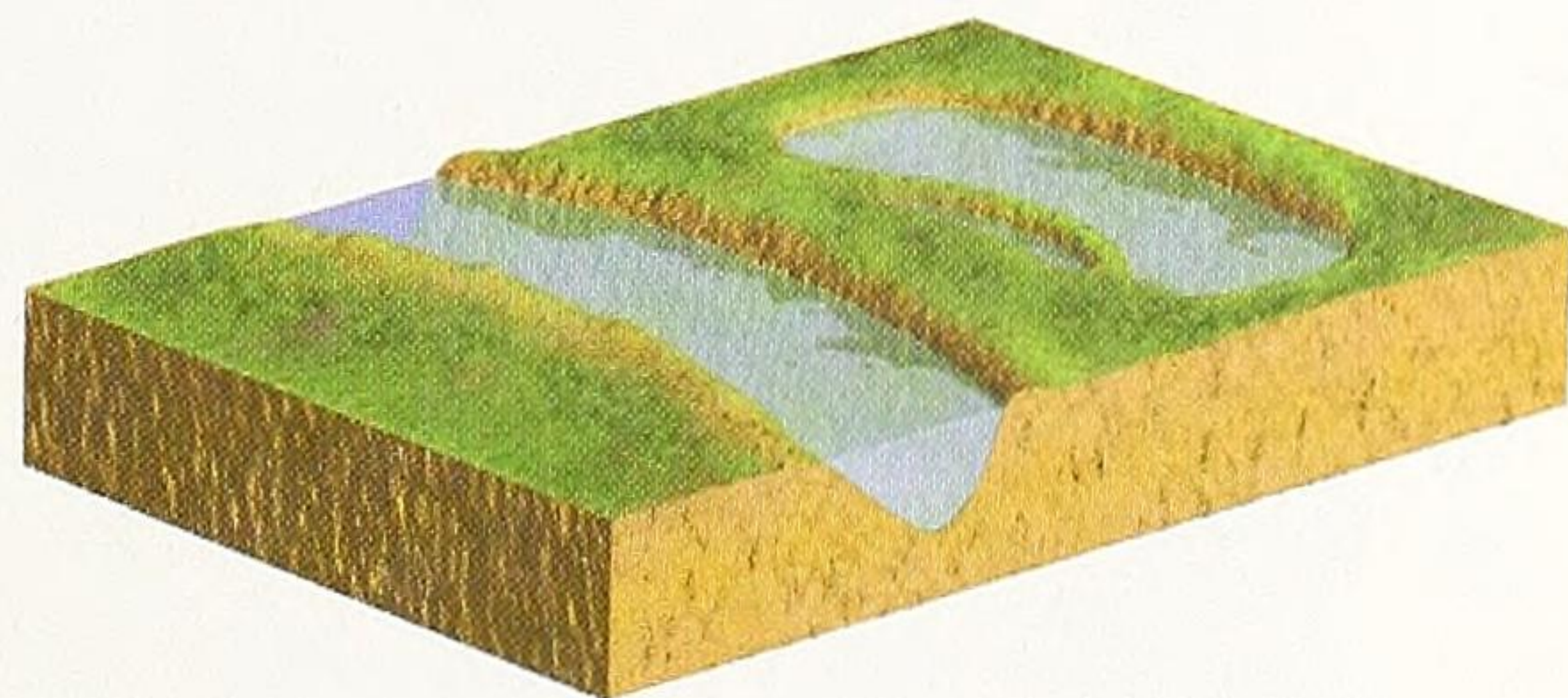
Los **lagos de origen tectónico** ocupan cuencas naturales que se producen a causa de movimientos de la corteza terrestre a lo largo de los pliegues y de las fallas. A menudo situados bajo el nivel del mar, forman a veces sistemas cerrados, sin afluentes.



Los cráteres de algunos volcanes se han llenado de agua. **Estos lagos de origen volcánico** también pueden formarse en valles en donde las coladas de lava retienen el agua.



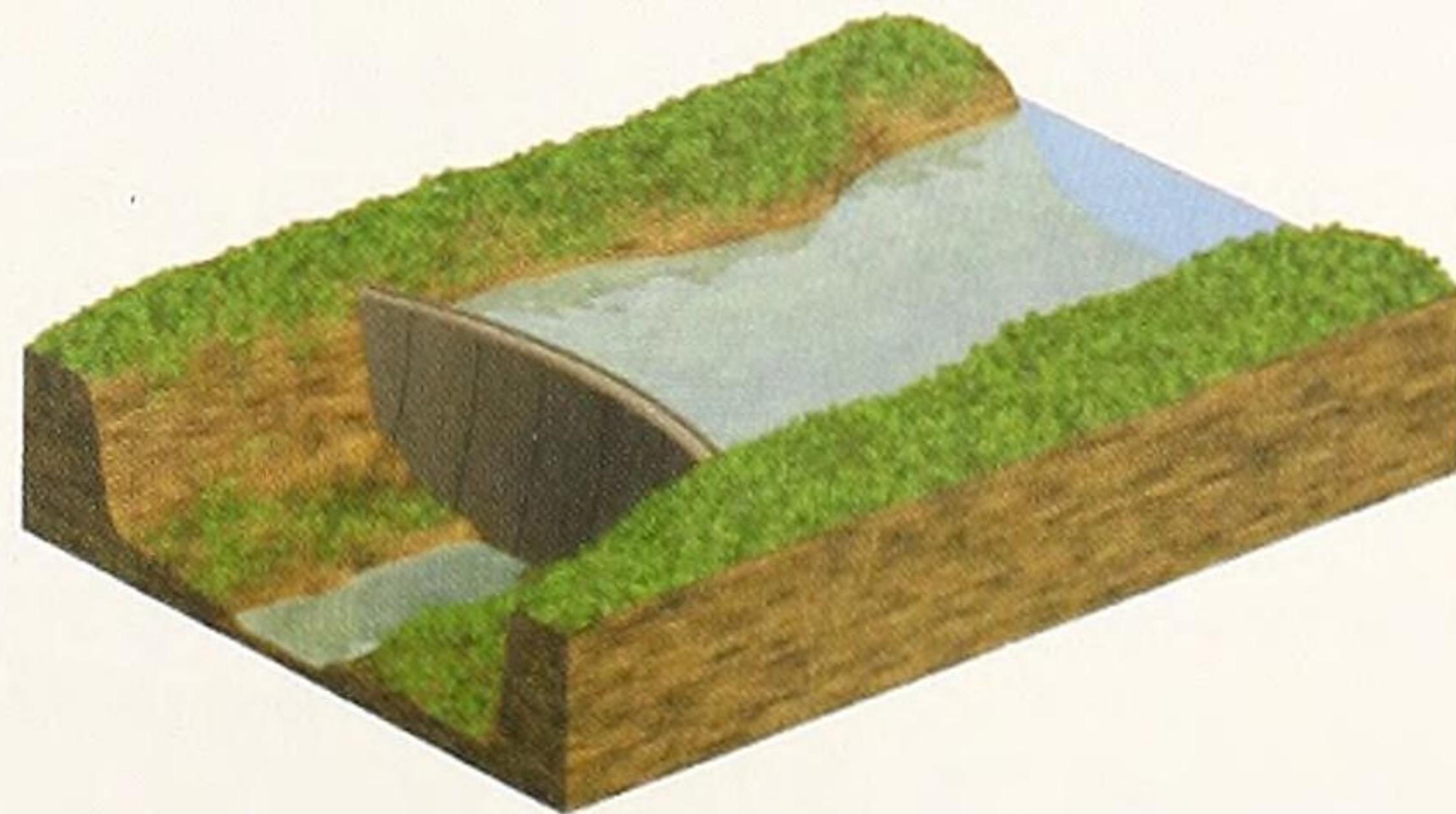
**Brazos muertos**, algunas veces aparecen en los bordes de riachuelos y ríos. Se les denominan brazos muertos, porque se trata de meandros abandonados por la corriente de agua. Si no son abastecidos de manera regular, estos lagos se secan rápidamente.



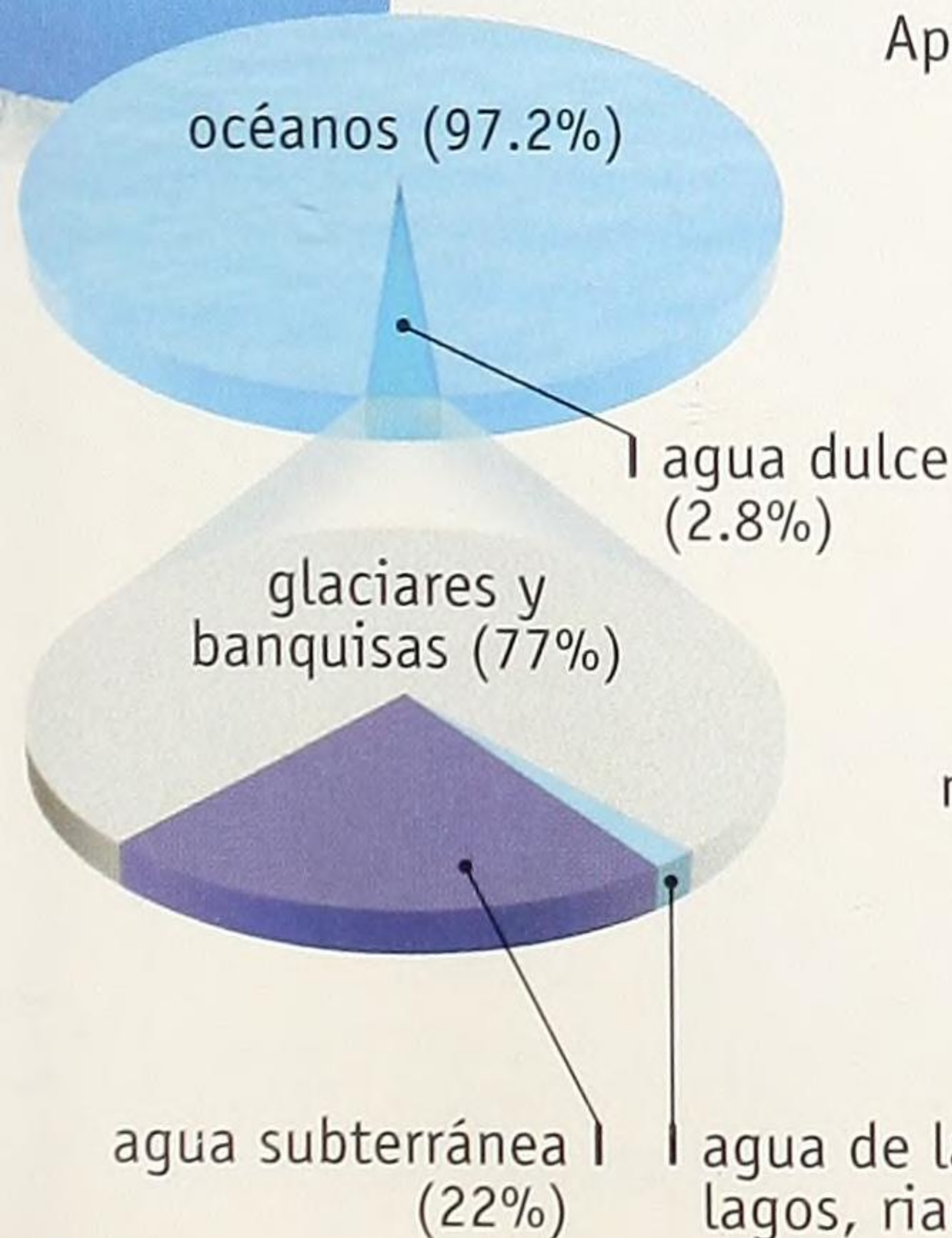
Un **oasis** se forma en los desiertos cuando el viento erosiona el suelo y permite que aflore el manto freático. Aparecen también aprovechando una línea de falla que hace brotar el agua en un punto determinado.



Los **pantanos**, lagos artificiales cuyas aguas a menudo son retenidas por presas, suministran el agua necesaria para el consumo, la irrigación de tierras o la producción de energía hidroeléctrica.



## DISTRIBUCIÓN DEL AGUA





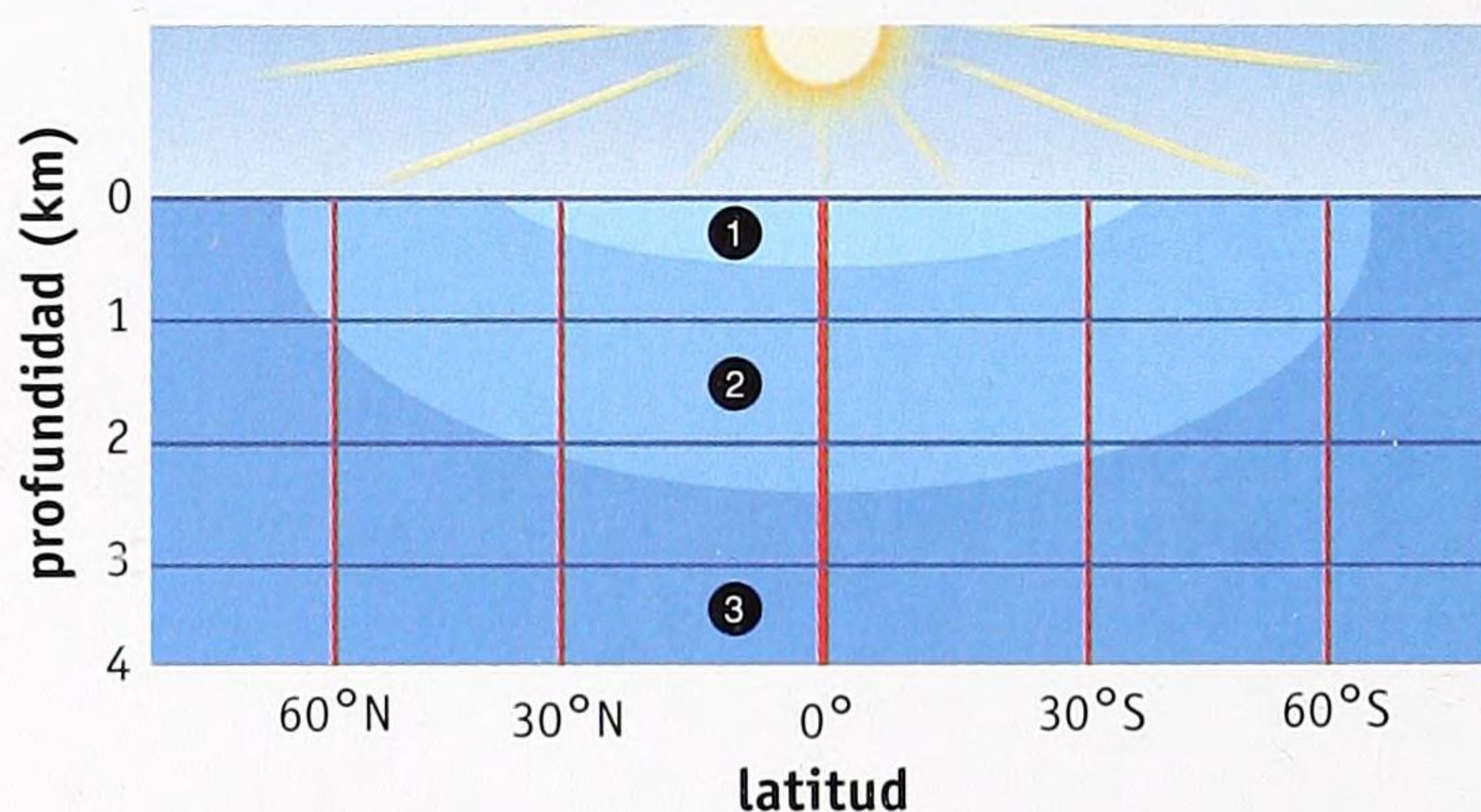
# El océano mundial

*La amplia extensión de agua que cubre el planeta*

Las tierras emergidas no son más del 30% de la superficie terrestre. El resto está cubierto por una enorme masa de agua salada de más de mil millones de kilómetros cúbicos (97.2 % del agua del planeta), el océano mundial. Este vasto conjunto oceánico está dividido por los continentes en cuatro regiones principales (los océanos Pacífico, Atlántico, Índico y Ártico) y en numerosas cuencas oceánicas de menor importancia, a menudo poco profundas y retraídas, los mares. También se califica como mares a algunos lagos salados, aunque estén situados entre tierras y no tengan ningún vínculo con el océano mundial. Es el caso del mar Caspio y del mar Muerto.

## TEMPERATURA DEL OCÉANO

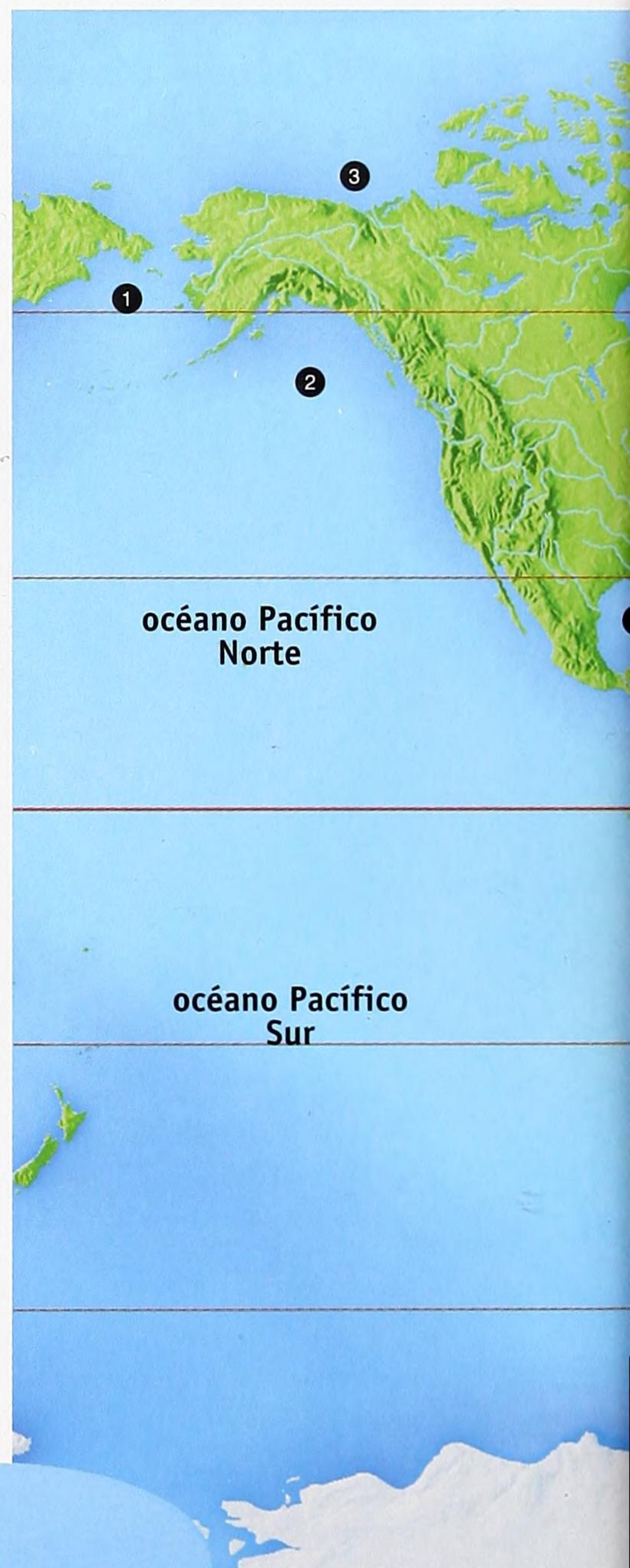
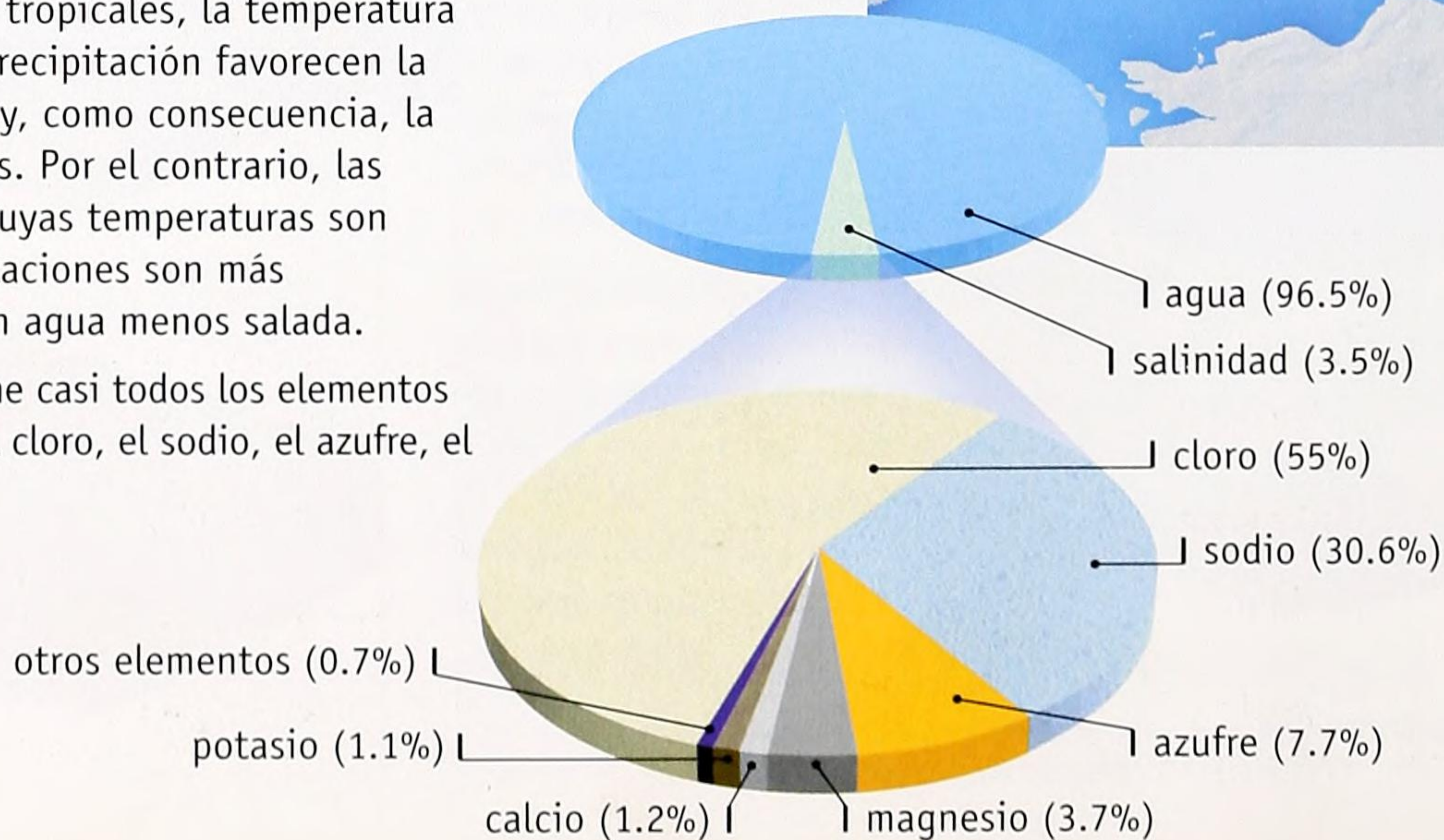
La temperatura del agua marina depende de la estación y de la latitud, pero sobre todo de la profundidad. Calentada por los rayos solares, el agua de la superficie ①, tiene una temperatura media que varía de 25 a 28 °C en el ecuador, de 12 a 17 °C en las zonas templadas, y sólo de -1 a 4 °C en las regiones polares. El manto de agua inferior es llamado termoclina ②. Se trata de una zona de transición, en donde la disminución de la luz hace que la temperatura caiga brutalmente a 5 °C. Por fin, la zona más profunda ③, en donde reina una temperatura casi uniforme, que va de 0 a 4 °C, no importa cuál sea su latitud y en qué estación se encuentre.



## COMPOSICIÓN DEL AGUA DEL MAR

La salinidad de las aguas oceánicas, varía de un lugar a otro, se sitúa generalmente entre 3.2% y 3.7%. En las regiones tropicales, la temperatura elevada y la tasa de precipitación favorecen la evaporación del agua y, como consecuencia, la concentración de sales. Por el contrario, las regiones templadas, cuyas temperaturas son menores y las precipitaciones son más abundantes, tienen un agua menos salada.

El agua de mar contiene casi todos los elementos químicos conocidos: el cloro, el sodio, el azufre, el magnesio y el calcio.





PRINCIPALES OCÉANOS Y MARES DEL MUNDO

1. mar de Bering

2. golfo de Alaska

3. mar de Beaufort

4. bahía de Hudson

5. mar del Labrador

6. golfo de México

7. mar del Caribe
8. mar de Weddel

9. mar de Groenlandia

10. mar de Noruega

11. mar del Norte

12. mar Báltico

13. mar Adriático

14. mar Negro
15. mar Mediterráneo

16. mar Rojo

17. golfo Pérsico

18. mar de Omán

19. golfo de Bengala

20. mar de China

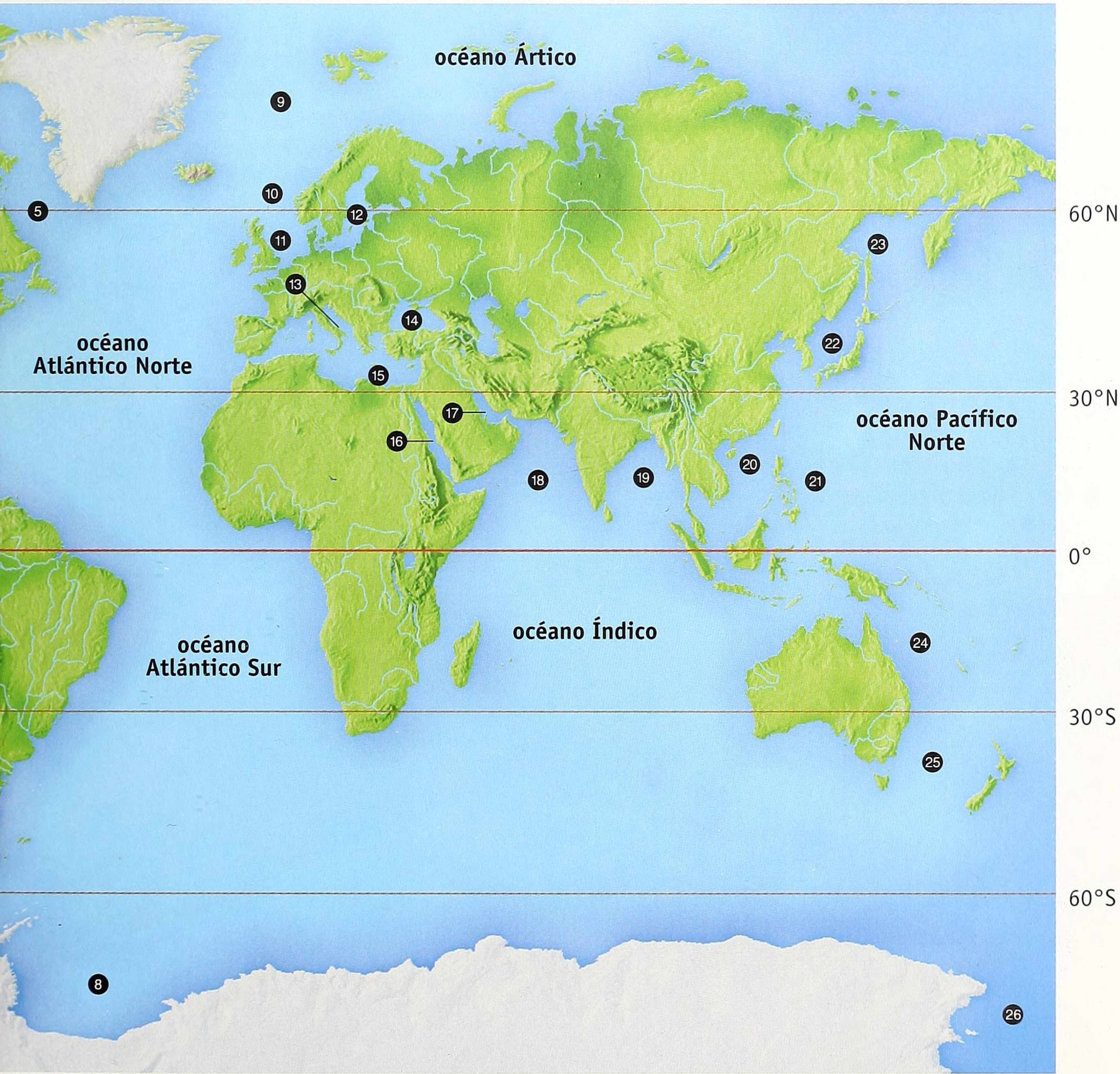
21. mar de Filipinas
22. mar del Japón

23. mar de Ojotsk

24. mar de Coral

25. mar de Tasmania

26. mar de Ross



| océanos   | superficie                  | volumen                     | punto más profundo              |
|-----------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Pacífico  | 165,000,000 km <sup>2</sup> | 707,000,000 km <sup>3</sup> | 11,034 m (fosa de las Marianas) |
| Atlántico | 82,400,000 km <sup>2</sup>  | 23,600,000 km <sup>3</sup>  | 9,218 m (fosa de Puerto Rico)   |
| Índico    | 73,400,000 km <sup>2</sup>  | 292,000,000 km <sup>3</sup> | 7,450 m (fosa de Java)          |
| Ártico    | 14,000,000 km <sup>2</sup>  | 16,700,000 km <sup>3</sup>  | 5,450 m (cuenca de Nansen)      |



# El fondo del océano

## Paisajes submarinos

Es difícil imaginar que las montañas y los valles que tenemos delante de nuestros ojos existan también bajo el océano. Sin embargo, los fondos submarinos encierran relieves mucho más diversificados de lo que se pudiera creer. Montañas, llanuras, plataformas, volcanes, fosas y cañones que componen paisajes sorprendentes, muy parecidos a los de los continentes, con la diferencia de que casi siempre su dimensión supera a los que hay en superficie.

la **plataforma continental** bordea las costas de los continentes. Se trata de una extensión submarina de la tierra firme recubierta por sedimentos. La plataforma se extiende por distancias que van de 1 a 1000 km. Generalmente, alcanza alta mar en suave pendiente, a una profundidad de 150 a 200 m.

Coincidiendo con el final de la plataforma continental, el **talud continental** forma la auténtica frontera entre el continente y el océano. Es un desnivel abrupto, que se sumerge a más de 3000 m de profundidad.

cañón

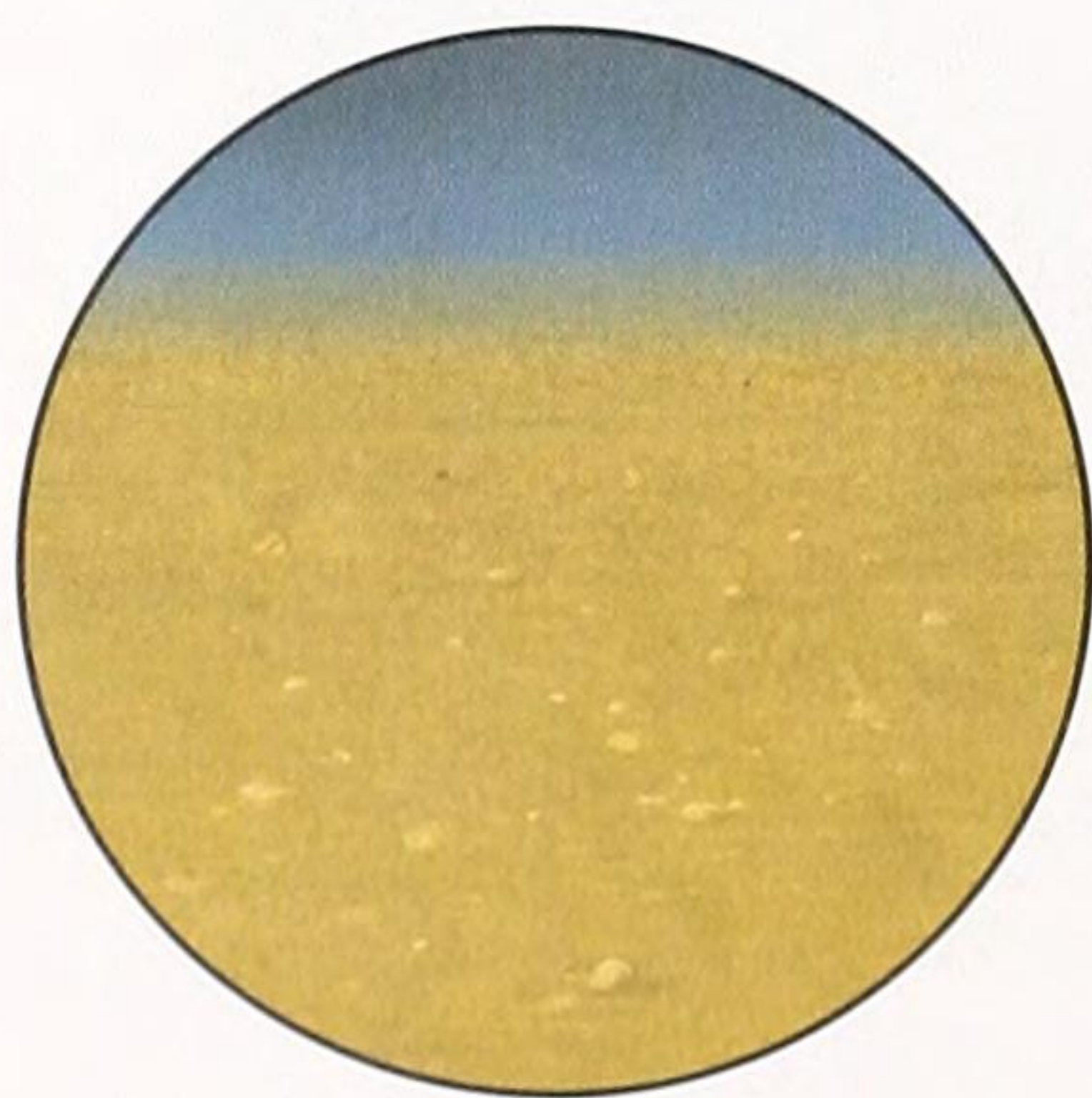
Los sedimentos se derraman por los cañones formando **abánicos**.

Los **guyots** son volcanes cuya cima se ha erosionado.

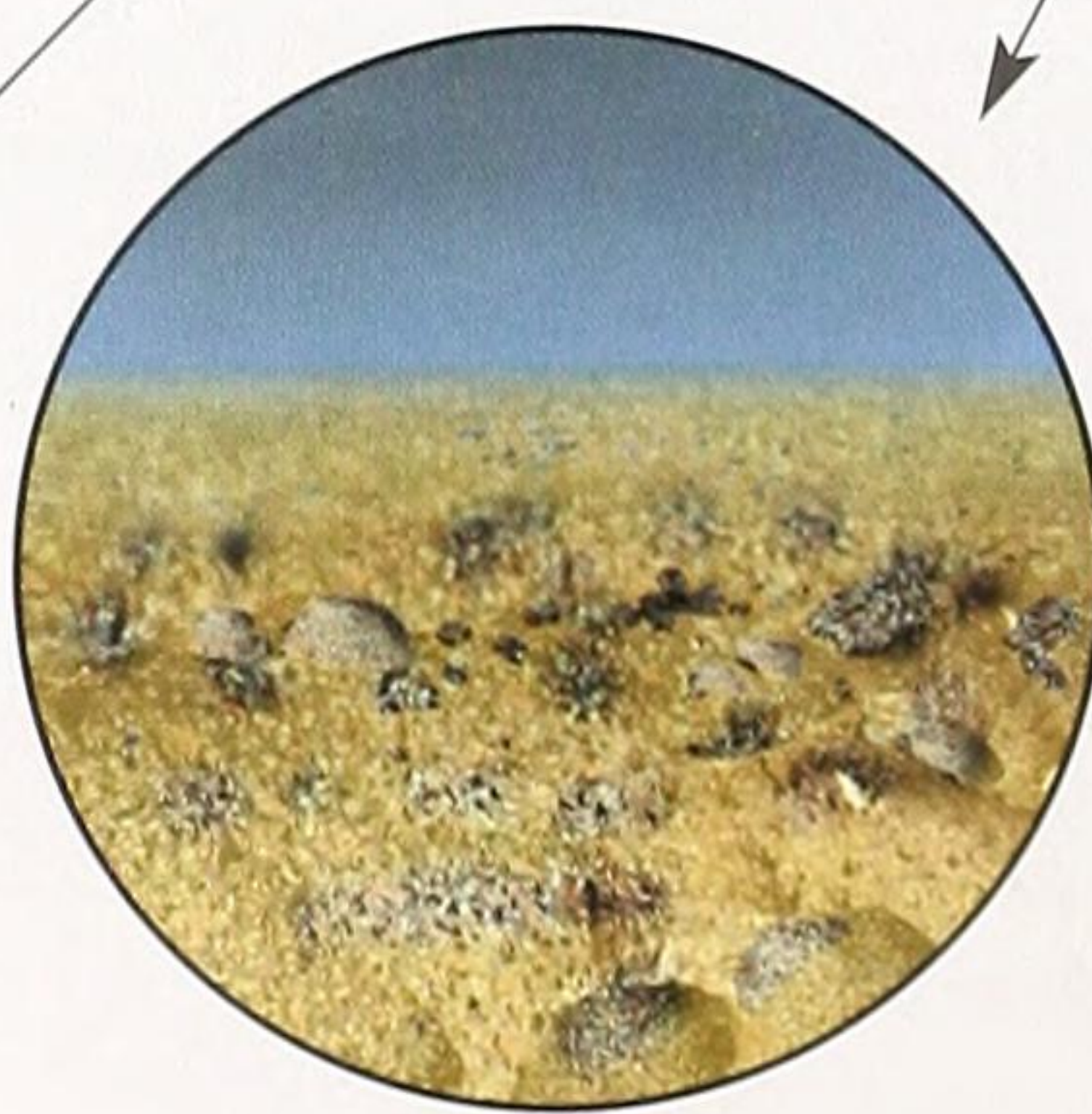
### LOS TAPICES SUBMARINOS

Mientras las rocas que componen los continentes datan de 3,800 millones de años, algunas de las que componen el fondo de los océanos no tienen más de 200 millones de años.

La corteza oceánica es de hecho renovada constantemente por la actividad volcánica.



El fondo submarino alejado de las dorsales oceánicas está recubierto por sedimentos (residuos de organismos marinos, arena, partículas volcánicas y gravilla) cuyo espesor puede alcanzar 500 m.



Las llanuras están constituidas por rocas volcánicas cuya superficie ha sido desgastada por el tiempo. Se empiezan a acumular sedimentos.

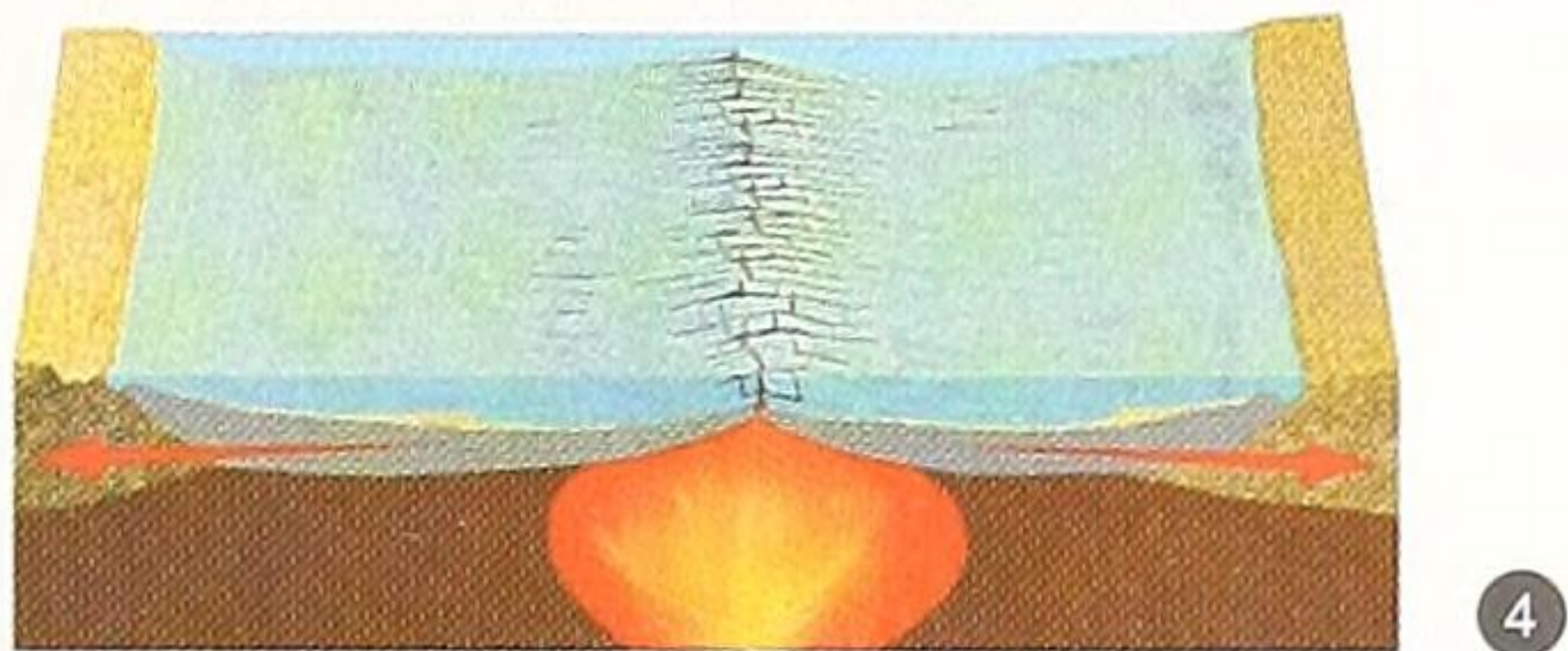
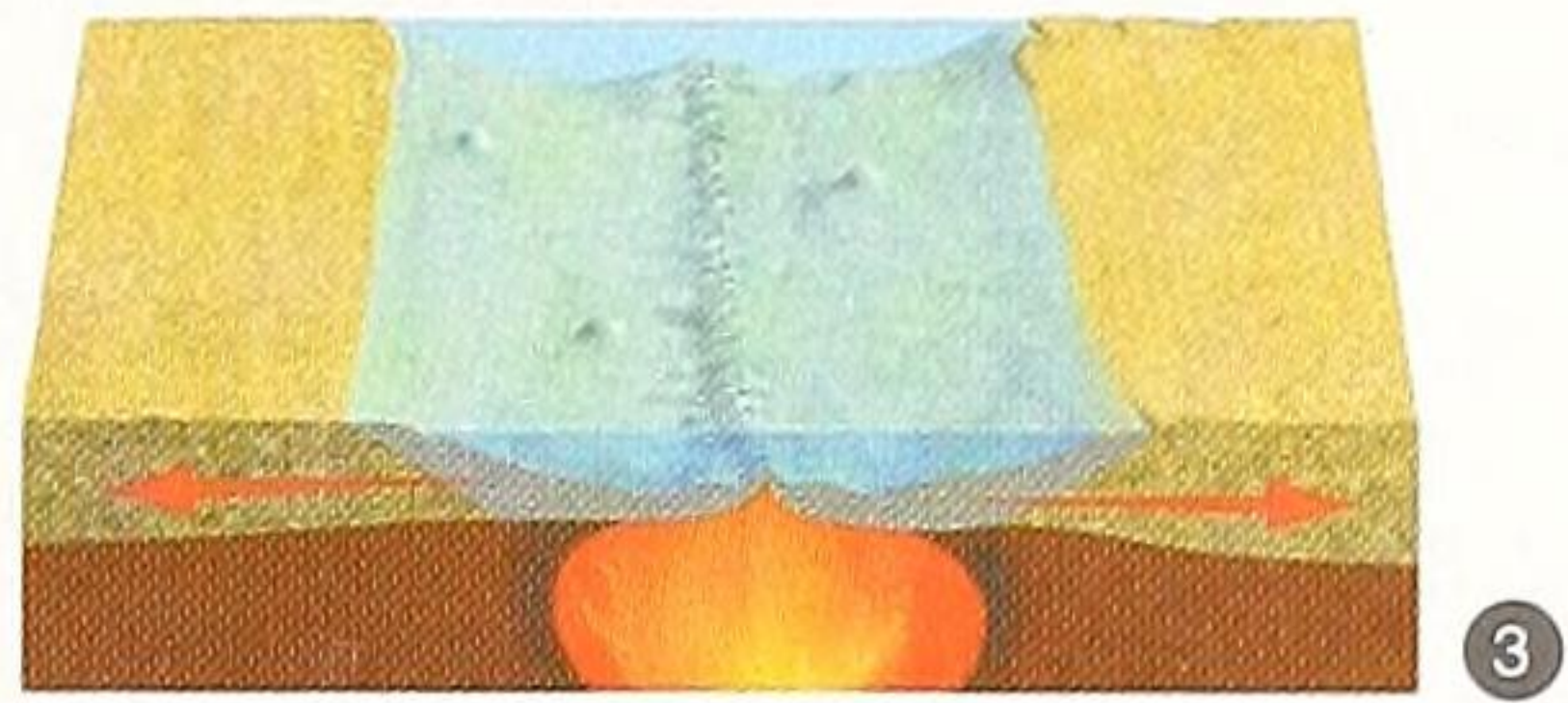
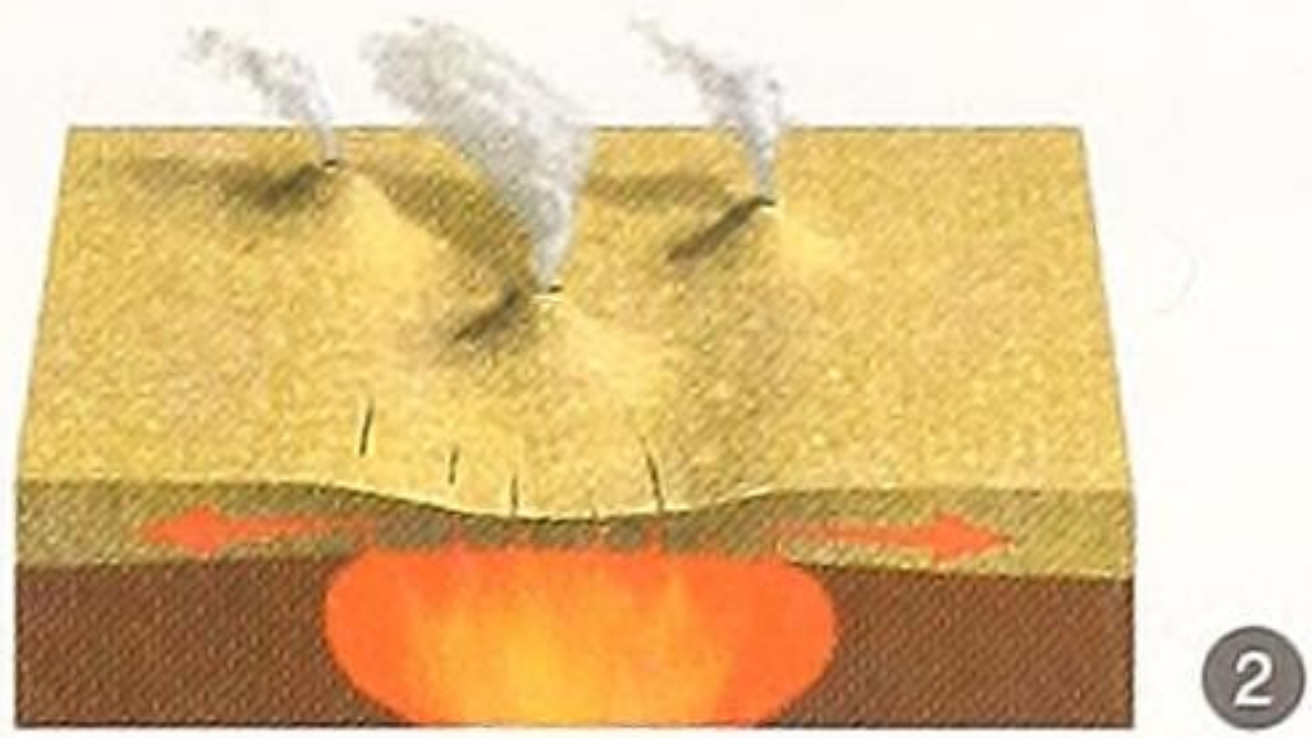
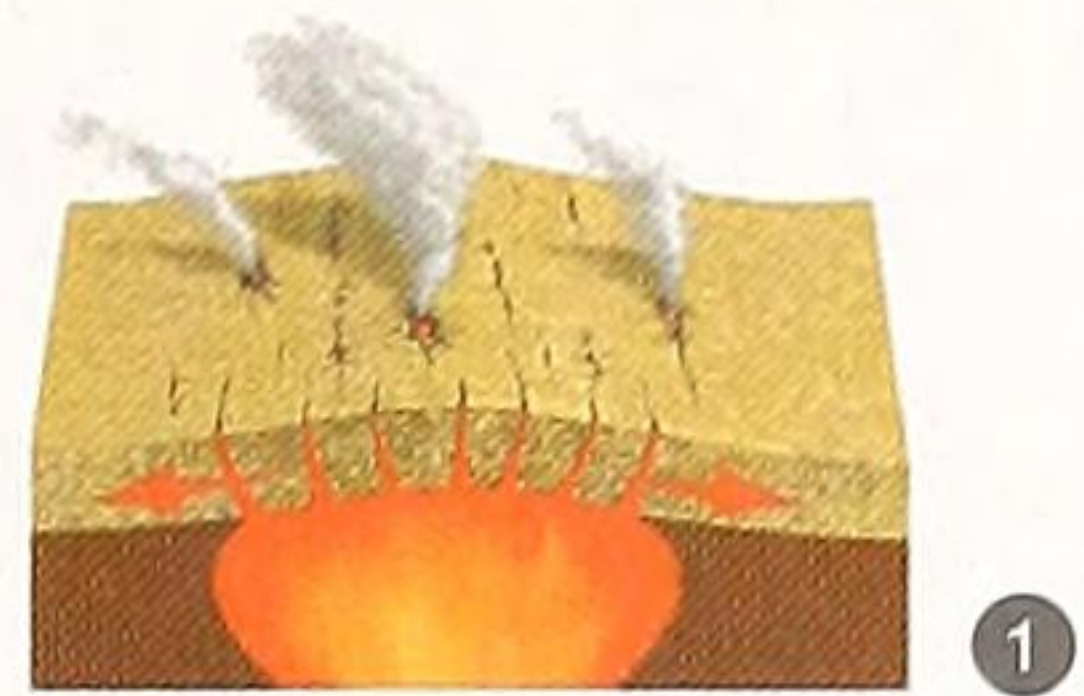


En las proximidades de las dorsales oceánicas, hay rocas volcánicas que componen el subsuelo submarino. Los sedimentos aún no se han depositado.



EL NACIMIENTO DE UN OCÉANO

Sin que nos demos cuenta, están naciendo océanos en el planeta. Este proceso, que dura varias docenas de millones de años, empieza cuando dos placas continentales se separan dejando que el magma del manto se infiltre entre las fisuras ❶. La corteza se afina, se hincha y después se hunde, produciéndose un rift ❷. El agua invade progresivamente el nuevo valle ❸ mientras que el movimiento de distanciamiento continúa. Acumulándose, la lava forma una nueva corteza oceánica y la antigua corteza es empujada hacia el exterior. A lo largo de la zona de fractura, la corteza se pliega como una alfombra, hasta formar montañas en el fondo del nuevo océano. ❹.



La mayor parte del fondo del océano está ocupado por amplias **llanuras abisales** compuestas por corteza oceánica. Generalmente situadas a 3,000 m de profundidad, estas llanuras descienden incluso a 6,000 m, pero el desnivel es tan suave que apenas se percibe.

dorsal oceánica

montañas submarinas

nivel del mar

arco insular

placa oceánica que se sumerge

Las **fosas oceánicas** se encuentran en el punto de coincidencia de las placas tectónicas, en las zonas de subducción. Pueden alcanzar más de 10,000 metros de profundidad.

Entre los relieves sorprendentes que presenta el fondo del océano, se encuentran los **volcanes**, algunos de los cuales emergen formando islas.



# Fosas y dorsales oceánicas

## Los relieves del lecho marino

El fondo marino no es completamente plano. Inmensas cadenas montañosas llamadas dorsales oceánicas, se extienden cerca de 70,000 km a lo largo de llanuras abisales. Con altitudes entre 1,000 y 3,000 m, estas montañas submarinas están agudamente definidas a todo lo largo por un valle hendido, un plano central de hundimiento, que se forma cuando las placas oceánicas se separan. En donde se encuentran placas tectónicas, gigantes depresiones oceánicas llamadas fosas, alcanzan profundidades comparables a la altitud de los picos más altos en los continentes.

Algunas montañas submarinas en la dorsal del Atlántico Medio rompen la superficie formando islas imponentes como **Islandia**.

Fosa  
aleutiana

La **Dorsal de Puerto Rico** tiene una profundidad máxima de 9,218 m.

La **Dorsal Perú - Chile** que corre a lo largo de Sudamérica, tiene 5,900 m de largo, 100 km de ancho y 8,000 m de profundidad.

El submarino Alvin descubrió chimeneas, o "humos negros" cerca de la **Elevación del Pacífico Este**. Estas ventilaciones naturales, que expelen sulfato ferroso a más de 270°C, tienen hasta 20 m de altura.

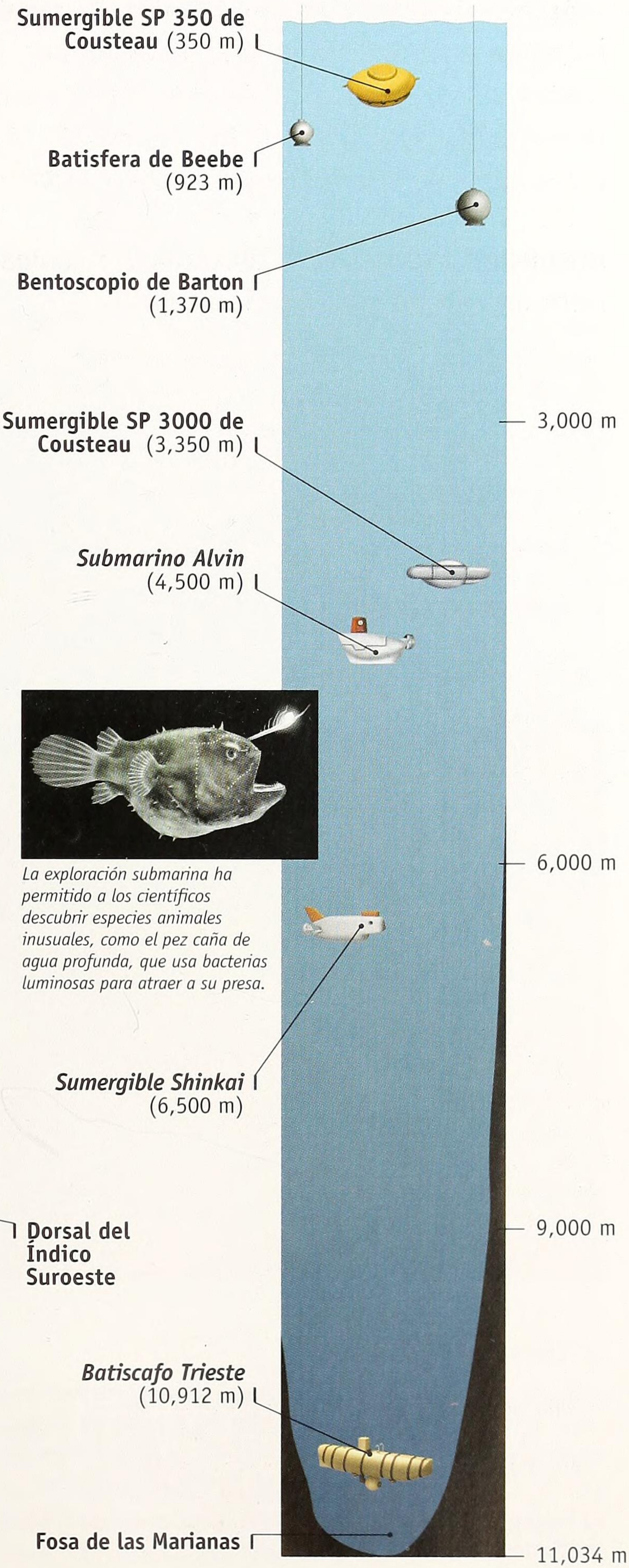
La **Dorsal del Atlántico Medio** está al centro del Océano Atlántico, entre América, Europa y África.





LA EXPLORACIÓN DE LAS PROFUNDIDADES

Desde que William Beebe hizo la primera batisfera en la década de los 30, se han construido varias naves para explorar los mares. Se han sumergido a profundidades cada vez mayores que ahora llegan a ser extremas. El batíscafo Trieste tiene el récord desde 1960.





# Las corrientes marinas

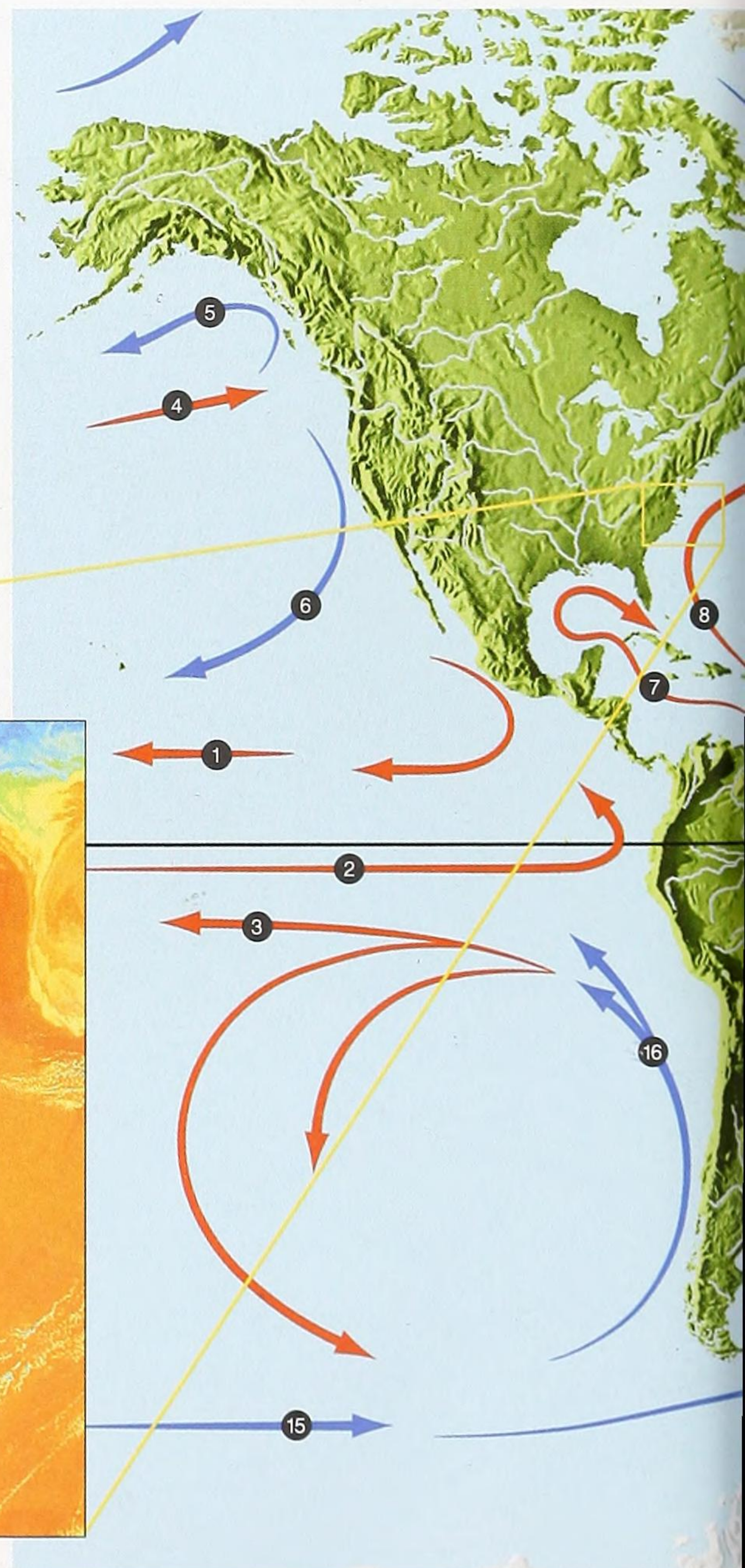
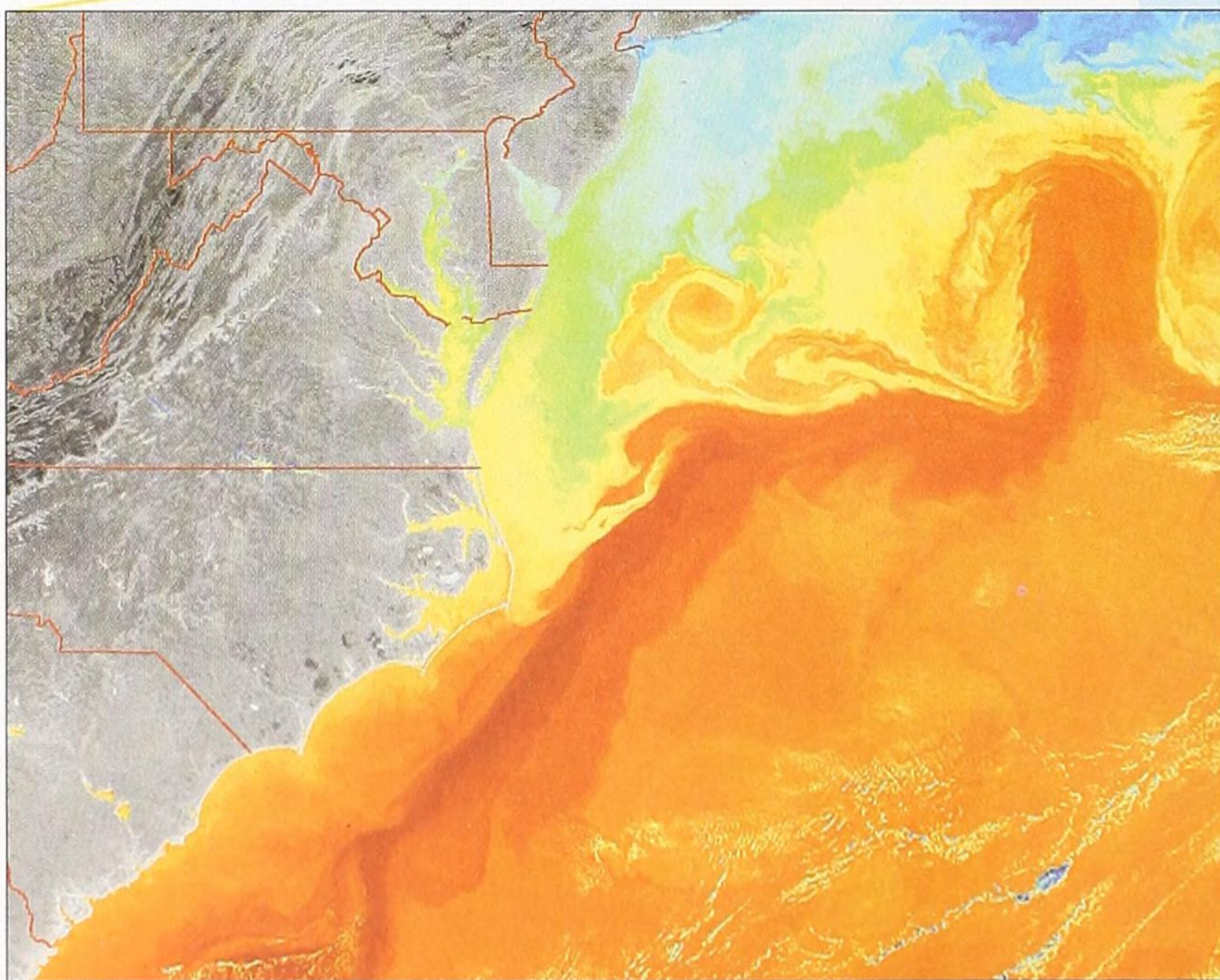
*La circulación de las aguas oceánicas*

Los vientos que barren la superficie de los océanos generan potentes corrientes marinas. Bajo la presión del aire, las moléculas de agua primero se animan en la superficie y después en las profundidades, creando de esta forma movimientos de masa que adoptan itinerarios bien definidos. Este inmenso movimiento de aguas provee de oxígeno a los océanos. A veces, es también la causa de graves conmociones climáticas, como testimonia la corriente caliente cíclica El Niño, responsable de lluvias torrenciales en Sudamérica y de sequías en Asia.

## CORRIENTES SUPERFICIALES Y CORRIENTES PROFUNDAS

Las corrientes que atraviesan las capas superficiales de los océanos son corrientes calientes. Existen también corrientes profundas, mucho más frías, que se crean por la diferencia de densidad de las masas de agua.

En las zonas polares, los hielos arrastran la sal hacia el fondo del océano. Más frías y más saladas que las aguas surgidas en el ecuador, estas aguas polares se sumergen por debajo de las corrientes calientes y se dirigen hacia el ecuador, moderando la temperatura global de las aguas y del clima. Durante este trayecto, las aguas se recalientan y gradualmente vuelve a subir a la superficie.



## LA CORRIENTE DEL GOLFO

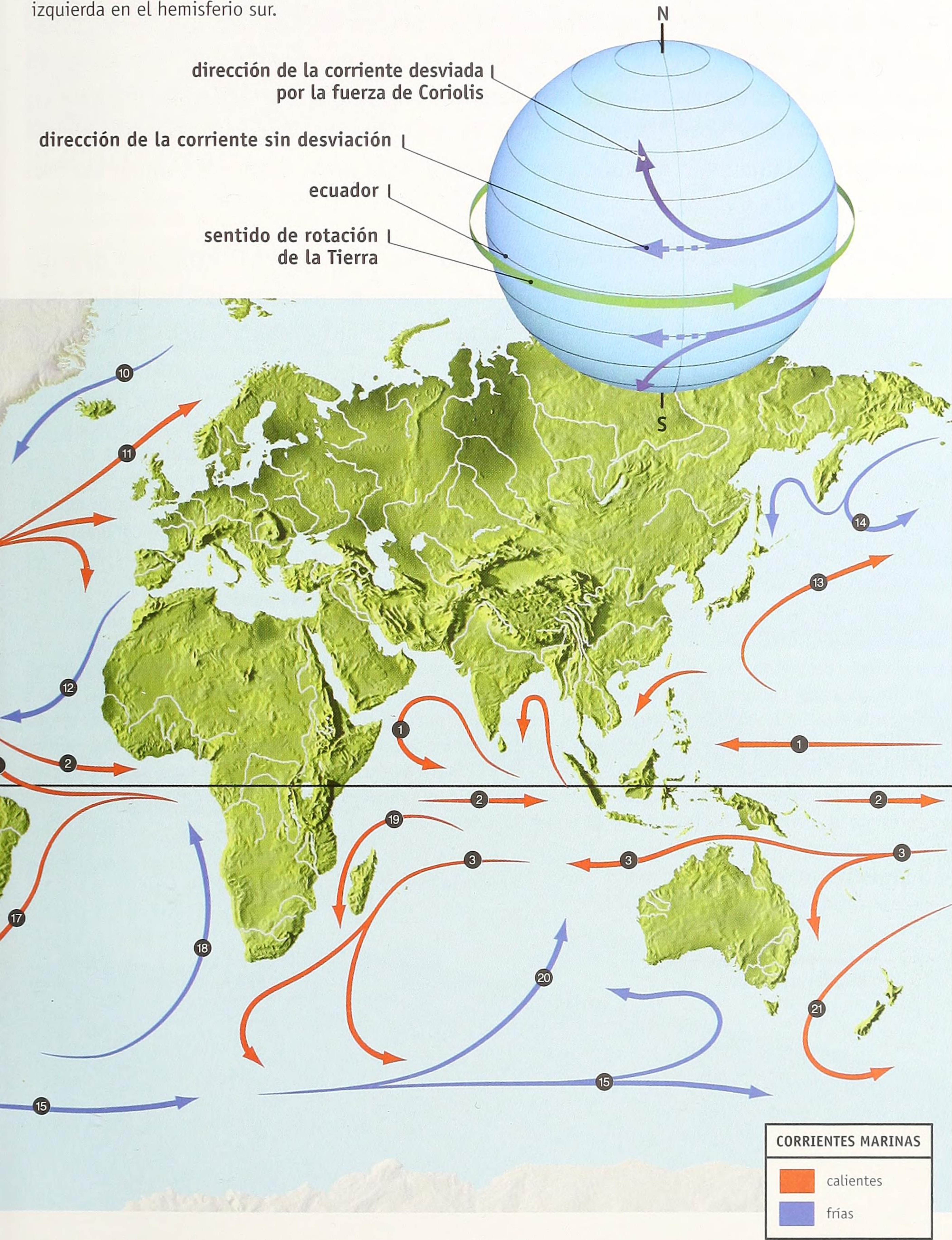
Entre las corrientes generadas por los vientos dominantes, La Corriente del Golfo es sin duda la más conocida. Como la corriente del Brasil, nace cerca del ecuador, en donde soplan los alisios, pero mientras ésta se desplaza hacia el hemisferio sur, la Corriente del Golfo se dirige hacia el norte, y después hacia el noreste. De 60 km anchura y de al menos 600 m de profundidad, recorre 120 km al día.

La imagen del satélite (arriba) muestra cómo las aguas cálidas de la Corriente del Golfo (de color rojo y amarillo) recalientan el clima hasta las altas altitudes.



LA INFLUENCIA DE LA ROTACIÓN TERRESTRE

Las corrientes marinas siguen una trayectoria que no se ajusta de manera perfecta a la dirección de los vientos, ya que son desviadas por la fuerza de Coriolis, un fenómeno generado por la rotación de la Tierra. Así, las corrientes trazan generalmente una curva hacia la derecha en el hemisferio norte, mientras que giran hacia la izquierda en el hemisferio sur.



PRINCIPALES CORRIENTES MARINAS

- |                               |                              |                               |                                       |
|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 1. corriente norecuatorial    | 5. corriente de Alaska       | 12. corriente de Las Canarias | 19. corriente de las Agujas           |
| 2. contracorriente ecuatorial | 6. corriente de California   | 13. Kuroshio                  | 20. corriente de Australia occidental |
| 3. corriente surecuatorial    | 7. corriente del Caribe      | 14. Oyashio                   | 21. corriente de Australia oriental   |
| 4. deriva pacífico norte      | 8. corriente del Golfo       | 15. corriente antártica       |                                       |
|                               | 9. corriente del Labrador    | 16. corriente de Perú         |                                       |
|                               | 10. corriente de Groenlandia | 17. corriente de Brasil       |                                       |
|                               | 11. deriva nortatlántica     | 18. corriente de Benguela     |                                       |

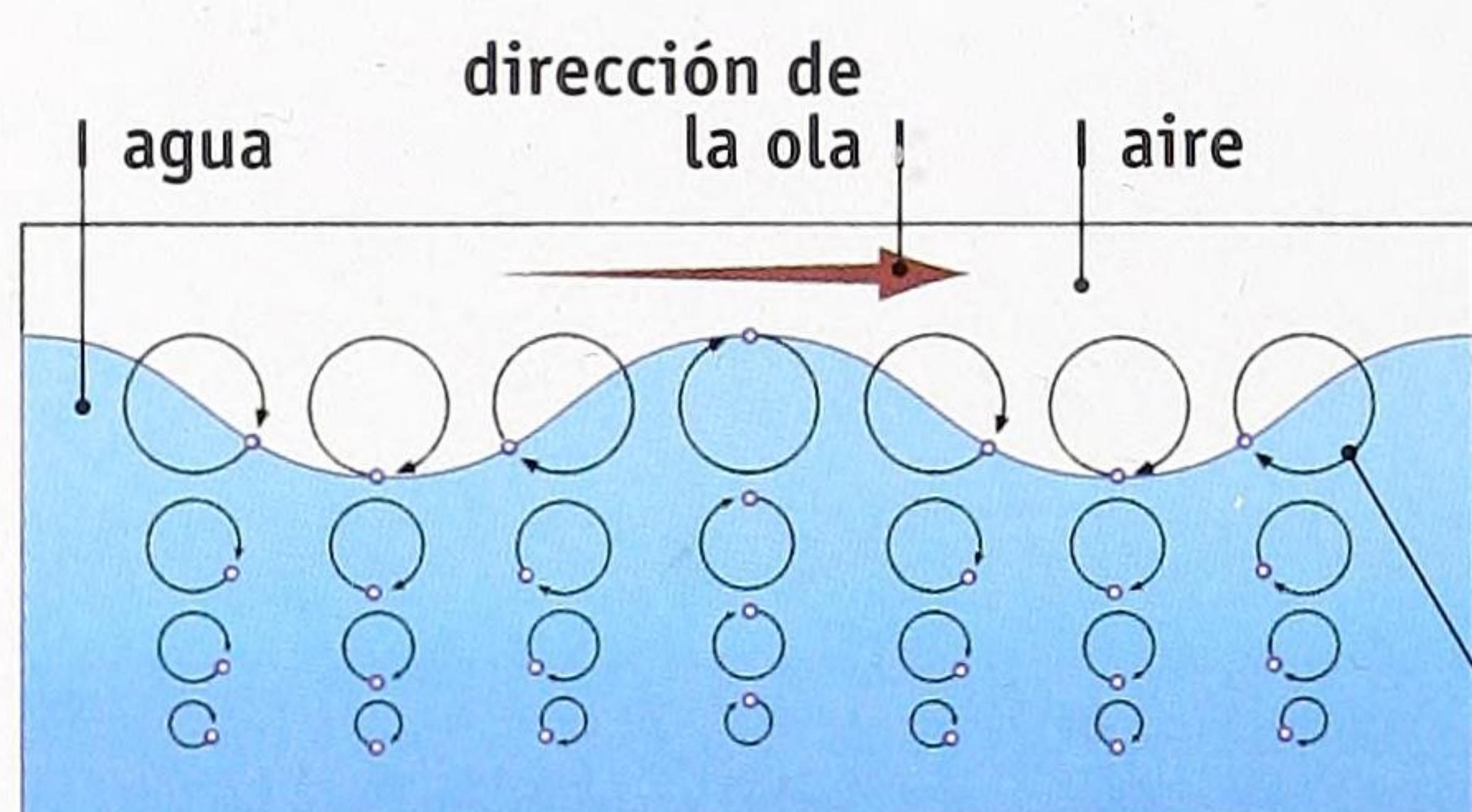


# Las olas

*Un fenómeno superficial*

¿A qué se debe el continuo espectáculo de las olas que se rompen contra la orilla? Contrariamente a lo que se pudiera creer, las olas no se producen por enormes desplazamientos de agua. Aunque una ilusión óptica sugiera que el agua viaja desde mar adentro hasta la orilla, una ola no es más que una forma producida por el movimiento de una onda generada por el viento. Esta onda se rompe cuando las olas alcanzan la orilla.

La fuerza del viento, su duración de acción y su recorrido, que es la extensión de agua sobre la que actúa sin ningún obstáculo, determinan la fuerza de las olas. La ola más alta ha sido observada en el océano Pacífico en 1933: alcanzaba 34 metros de altura.



## PARTÍCULAS EN ROTACIÓN

En una ola, sólo se mueven algunas partículas de agua animadas por la diferencia de presión causada por el viento. Estas partículas se desplazan muy poco horizontalmente, pero describen una órbita circular que se consume al paso de cada cresta y presenta un diámetro igual a la altura de la ola.

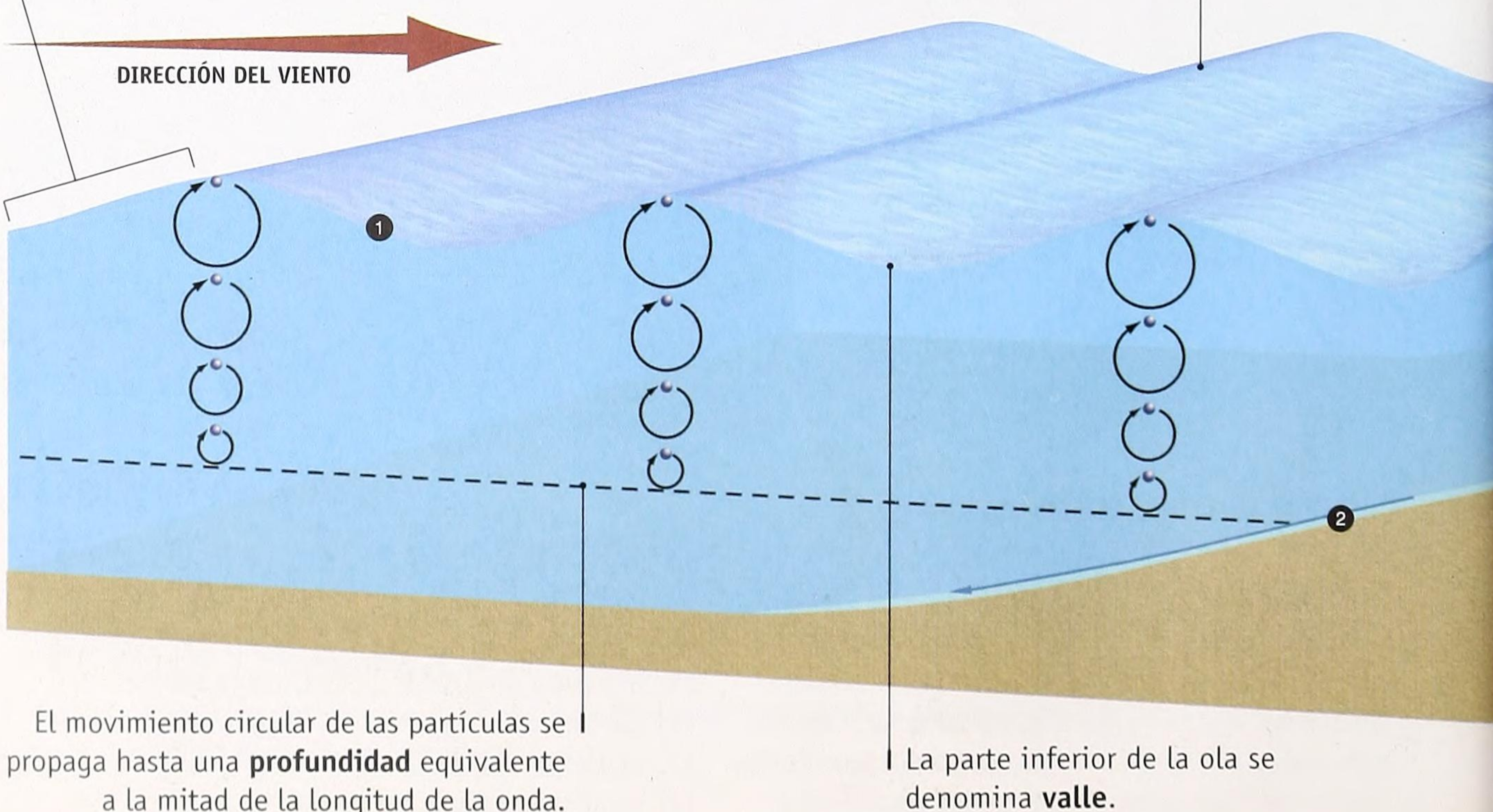
movimiento circular de las partículas

## LA ONDA QUE ROMPE

Bajo el efecto del viento, las partículas de agua se desplazan en superficie y la oscilación del agua se propaga bajo forma de ondas ①. Las olas se mantienen hasta que el viento se debilita y ningún obstáculo las detiene. Cuando la marejada alcanza la costa, es frenada por el ascenso del fondo ② y las olas cambian de aspecto: sus crestas se cierran ③ y su longitud de onda disminuye, incluso si el periodo (el intervalo de tiempo que separa dos crestas) sigue siendo el mismo. La altura de la ola aumenta ④ y el movimiento de las partículas de agua se hace elíptico ⑤. Cuando este movimiento no se puede llevar a cabo, la ola se rompe: es el rompimiento. La energía se dispersa proyectando las partículas hacia adelante ⑥ en un flujo de espuma.

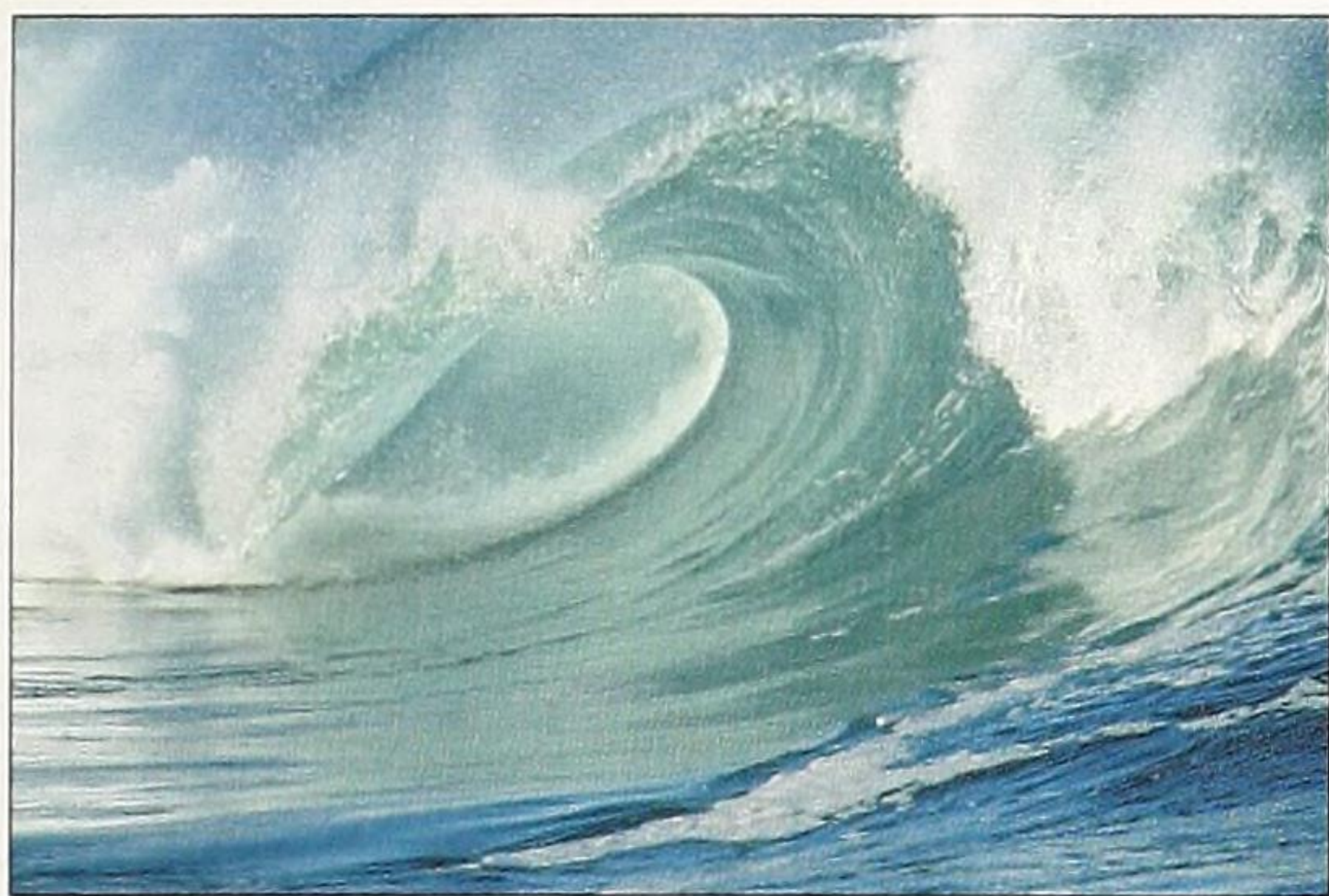
La **altura** es la distancia vertical entre la cresta y el valle.

La **cresta** constituye la cúspide de la ola



La parte inferior de la ola se denomina **valle**.





### OLAS EXCEPCIONALES

Cuanto más se propaga una onda sin encontrar obstáculos, más potentes son las olas. Las orillas de la isla de Oahu en Hawai reciben olas excepcionales, que a menudo alcanzan los 10 metros de altura. Nacen mar adentro a lo largo de las islas Aleutianas, cerca de Alaska, y sólo son frenadas, a su llegada, por la plataforma continental submarina.

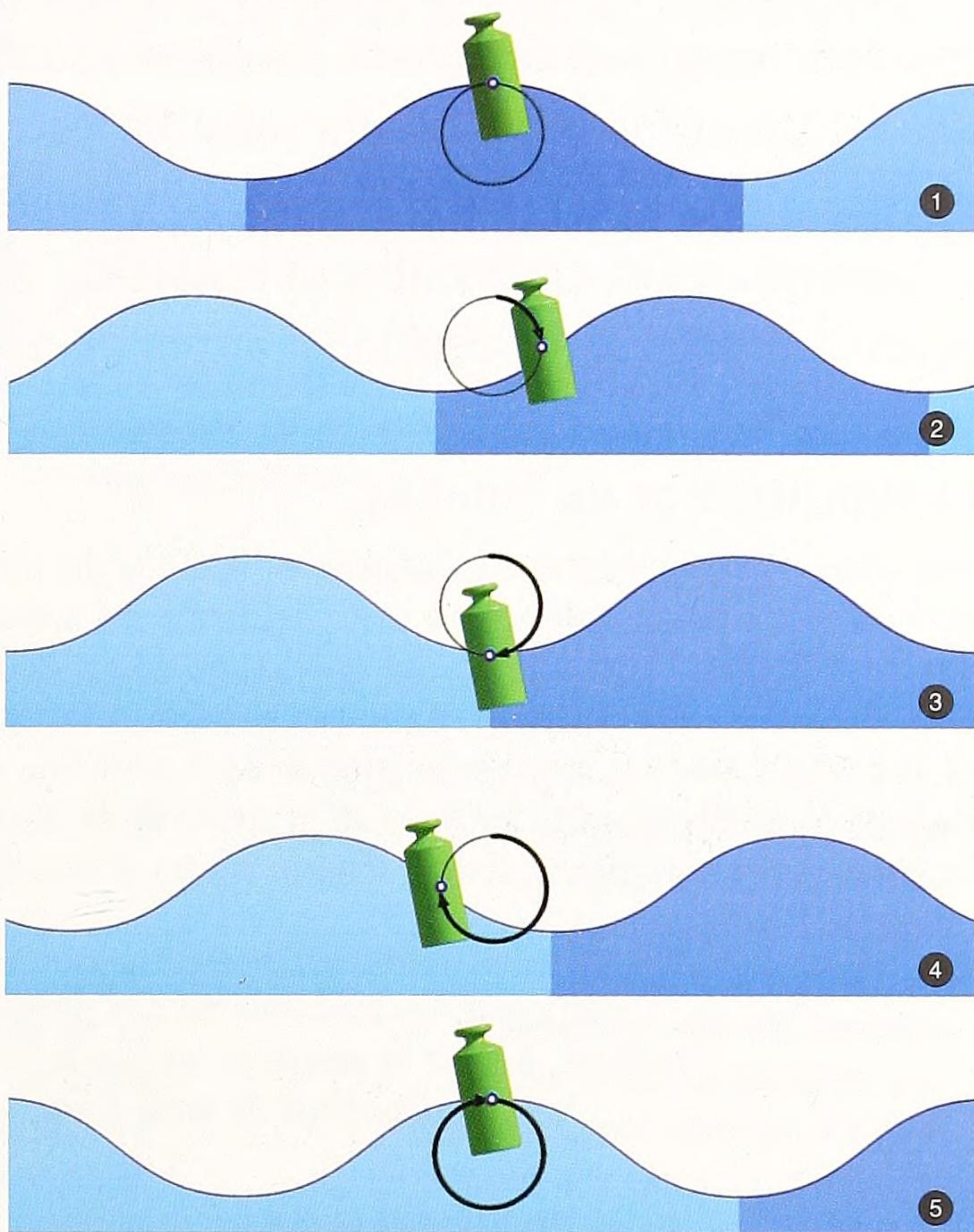
La **marejada** designa el movimiento ondulatorio de las olas en alta mar, antes de que se rompan.

La **longitud** de onda designa la distancia horizontal entre dos crestas sucesivas.

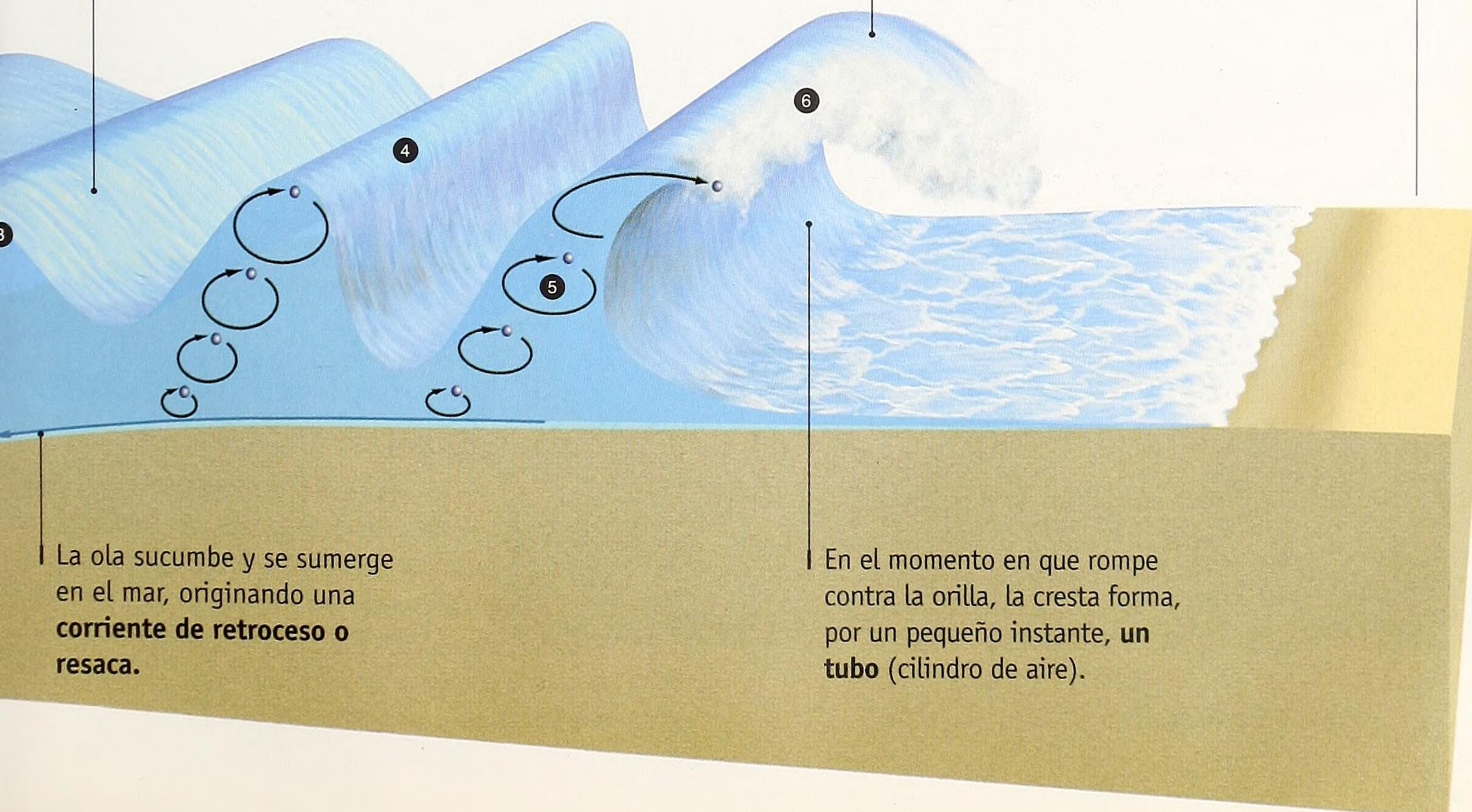
### UNA BOTELLA EN EL MAR

A menos que no sea empujada por una corriente marina o por el viento en alta mar, una botella lanzada en el mar casi no se desplaza: sigue el movimiento circular de las partículas de agua

Llevada por el movimiento de la marejada, sube en las crestas ❶, avanza ❷, desciende en los valles ❸, retrocede al acercarse una nueva ola ❹, y remonta para volver a su posición original con la llegada de una nueva cresta ❺.



Se denominan rompientes las olas que se estrellan y se convierten en las **costas en espuma**.



La ola sucumbe y se sumerge en el mar, originando una **corriente de retroceso o resaca**.

En el momento en que rompe contra la orilla, la cresta forma, por un pequeño instante, un **tubo** (cilindro de aire).



# Los tsunamis

*Olas gigantes*

El agua y los océanos

Muy diferentes de los fenómenos superficiales provocados por los huracanes o las tempestades, los tsunamis son una sucesión de olas gigantes producidas por una alteración geológica submarina: sismo, erupción volcánica o deslizamiento de tierras. La denominación de «maremoto» que se le da a veces, es, sin embargo, inexacta, ya que el fenómeno no tiene nada que ver con las mareas. El volumen de agua desplazada y la energía resultantes de los tsunamis son inmensos, lo que explica que el fenómeno sea generalmente más mortal que las erupciones volcánicas o los terremotos. En Alaska, en 1958, un deslizamiento de tierras produjo una ola de excepcional altura de 52 metros.

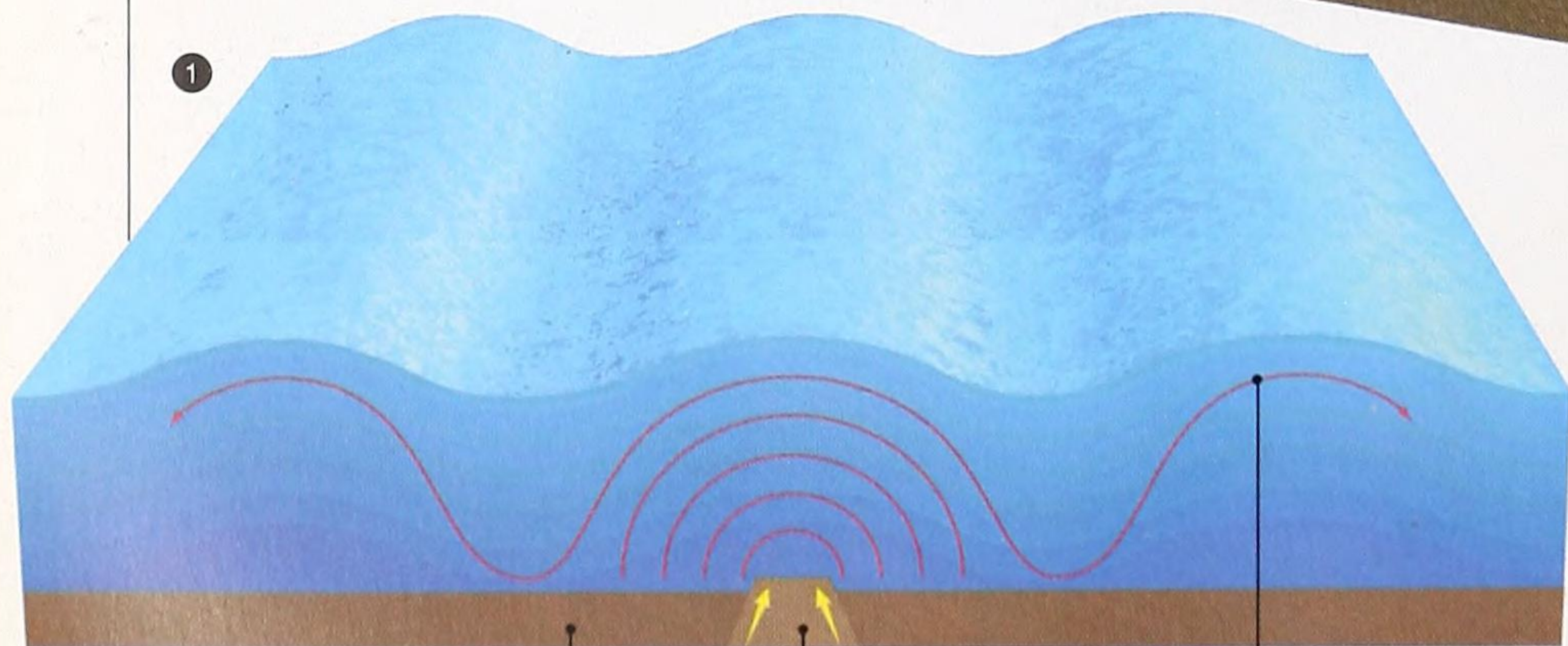
## LA EVOLUCIÓN DE UN TSUNAMI

Una alteración geológica que sobreviene en el fondo del mar, a miles de kilómetros de profundidad, provoca el hundimiento o ascenso ❶ de una parte del fondo del océano. Se forma una onda de choque ❷ y crea olas ❸ que se desplazan a una velocidad que va de 600 a 800 km/h. Siendo esta velocidad proporcional a la profundidad, disminuye cuando el tsunami se acerca a la costa; el ascenso ❹ gradual del fondo aumenta la altura de la ola. Cuando el fondo submarino se hace profundo, se forma la marejada; en ese momento la velocidad de la onda disminuye a 50 km/h, pero la altura ❺ de las olas aumenta de manera considerable. Al final del recorrido, estas olas gigantes ❻ rompen contra el litoral.

En alta mar, los tsunamis no son perceptibles por los marinos, porque la **altura** de las olas no supera un metro y su longitud de onda puede alcanzar 150 m.

VELOCIDAD DE LA OLA

800 km/h



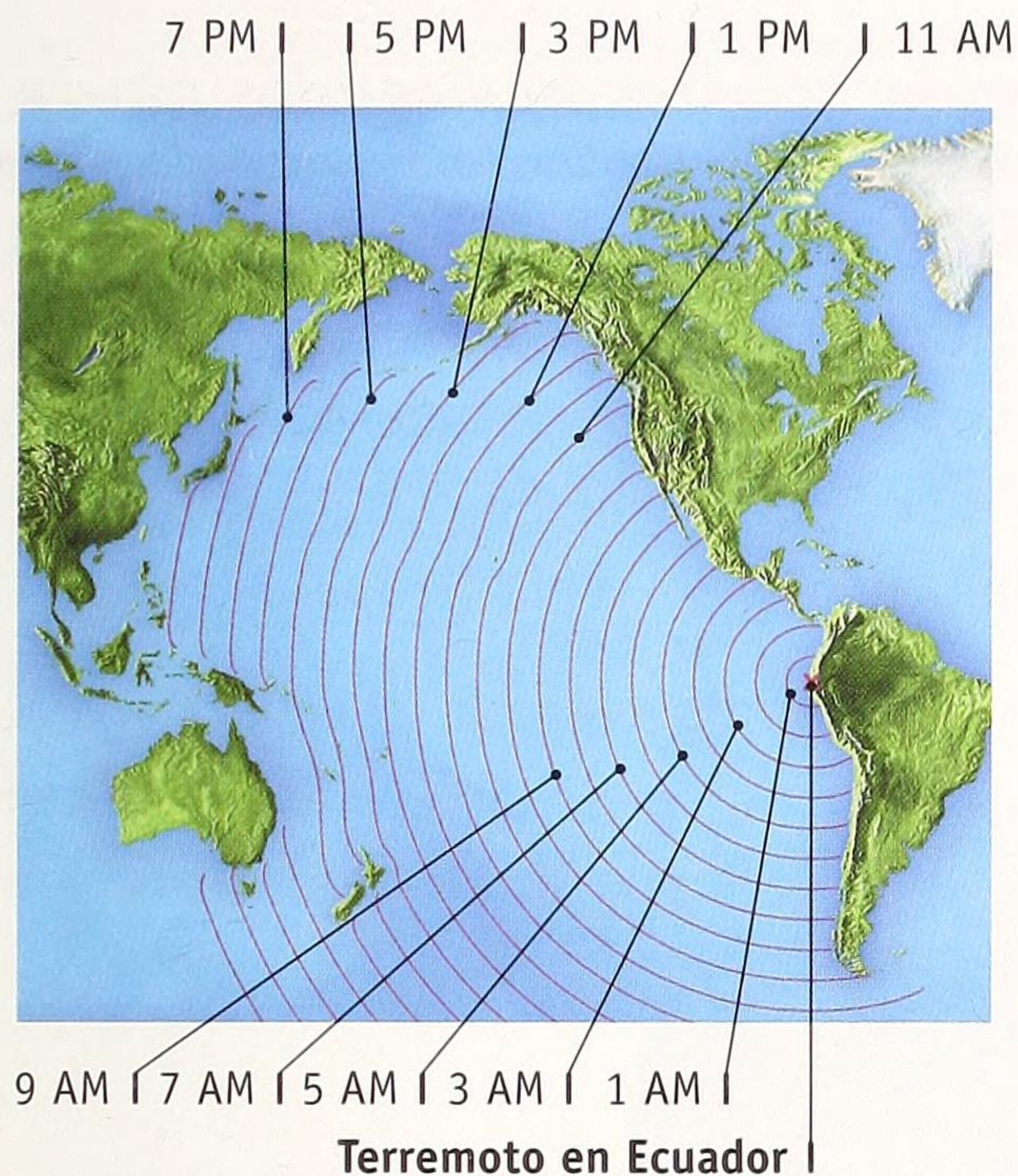
fondo oceánico

ascenso

onda de choque

El **ascenso** o el hundimiento de miles de kilómetros cuadrados de fondo oceánico provocan el desplazamiento de una enorme columna de agua que formará la ola inicial de un tsunami.





## ¡PELIGRO! ¡TSUNAMI A LA VISTA!

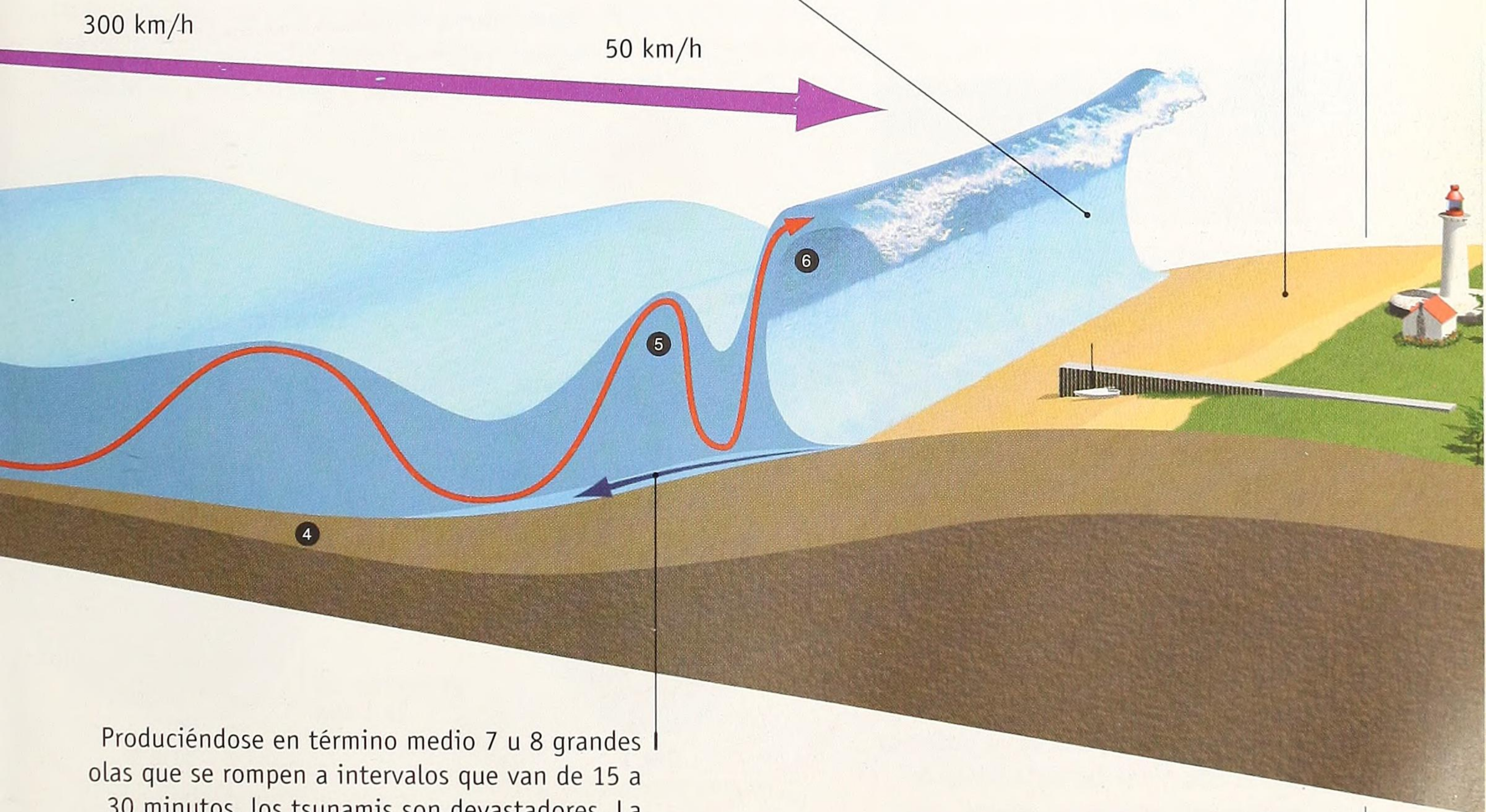
Aunque los tsunamis se produzcan en todos los océanos del globo, la mayor parte de ellos tienen lugar en el Pacífico. La actividad geológica de las fallas submarinas del cinturón de fuego del Pacífico hace que esta región sea más propicia a la formación de tsunamis. Los riesgos dependen de la topografía del fondo marino y del litoral: las bahías y las penínsulas aumentan la altura de las olas de los tsunamis, mientras que los arrecifes coralinos de alta mar contribuyen a disipar su fuerza.

Los tsunamis viajan por horas antes de alcanzar las costas, varios países limítrofes del Pacífico cooperan para vigilar sin interrupción el fondo marino. Los datos registrados por los sismógrafos son transmitidos vía satélite al centro de control internacional de Hawaii, el International Tsunami Warning System.

Un sismo ocurrido en Ecuador puede provocar un tsunami que viajará durante más de 20 horas antes de golpear con fuerza el Japón.

Una ola que alcanza hasta 30 m de altura (es decir la altura de un edificio de 10 pisos) vierte sobre la orilla un **muro de agua** que tiene una fuerza sorprendente y destruye todo lo que se pone a su alcance.

En la playa, la señal precursora de un tsunami es la **retirada repentina** de agua. En ese momento, es necesario refugiarse lo más rápidamente posible en zonas elevadas. Las embarcaciones cercanas al litoral tienen que ganar sin demora el alta mar.



Produciéndose en término medio 7 u 8 grandes olas que se rompen a intervalos que van de 15 a 30 minutos, los tsunamis son devastadores. La **resaca** que crea cada una de estas olas es más potente y se lleva todo consigo.

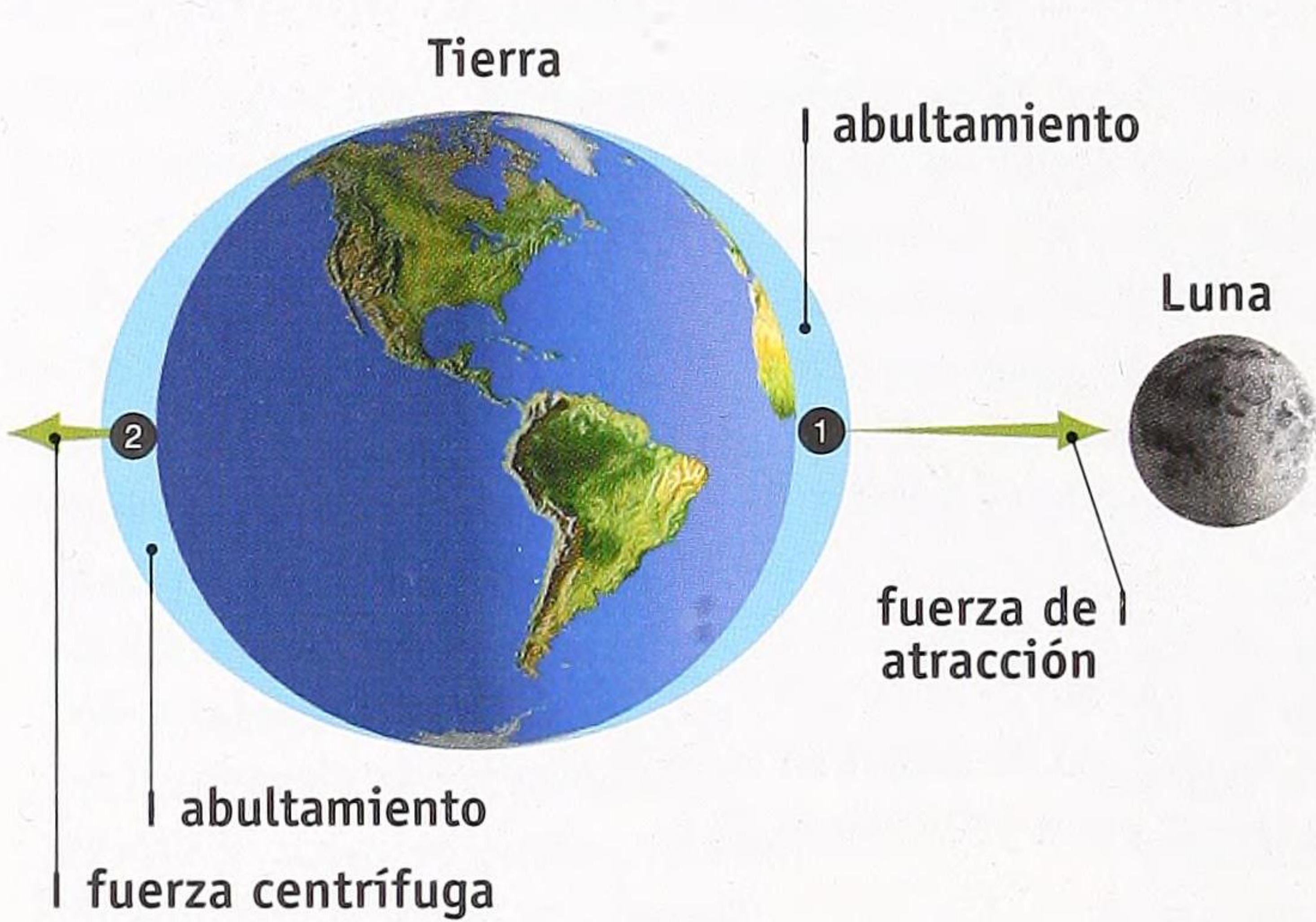


# Las mareas

## Cuerpos celestes mueven los mares

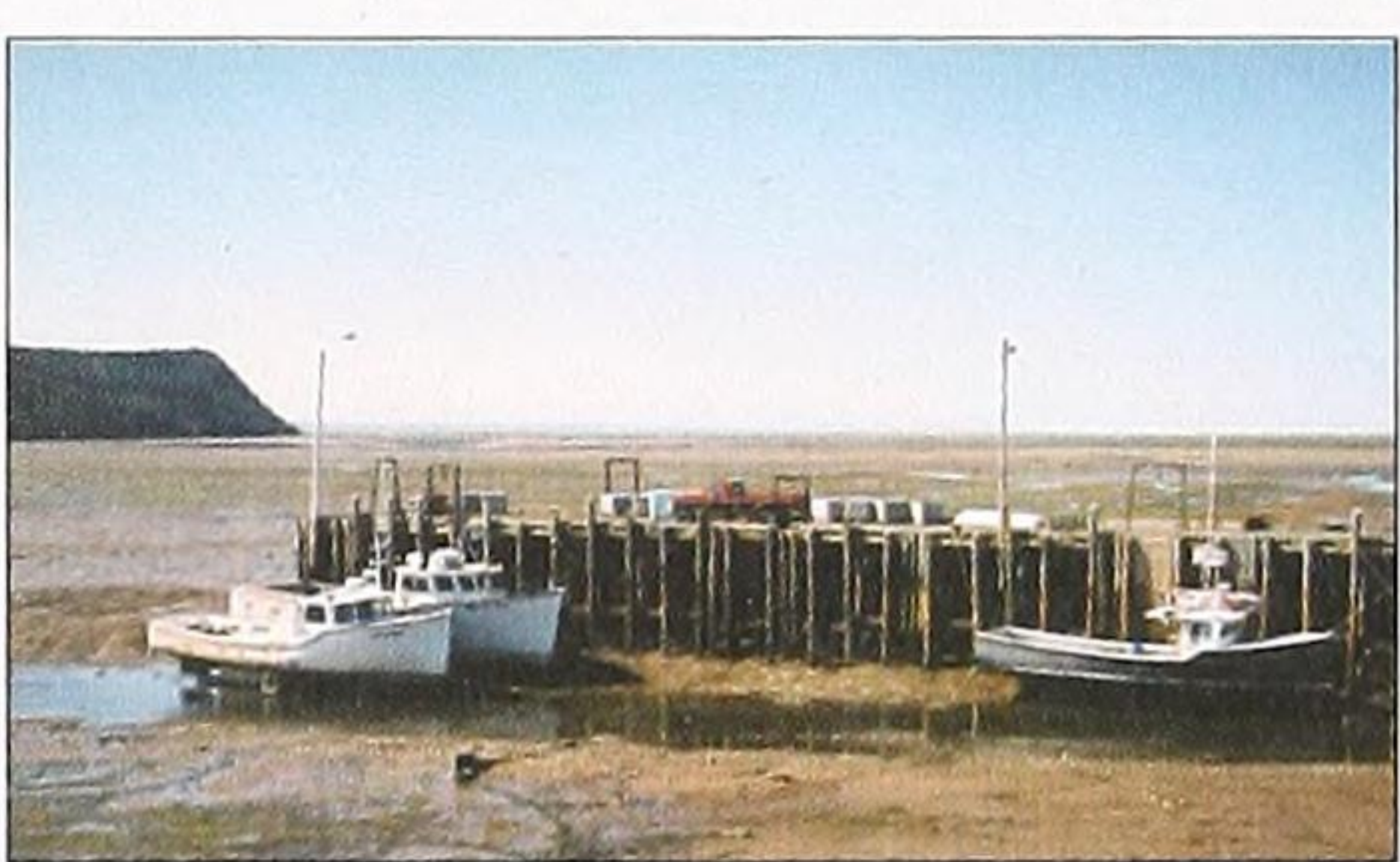
Todos los objetos celestiales en el universo, ejercen una fuerza de atracción en otros cuerpos que varía de acuerdo con sus respectivas masas y a la distancia entre ellos. Esta ley fundamental de la física, la atracción gravitacional, explica porqué los mares de la Tierra se elevan y descienden varios metros dos veces al día. Las mareas son el efecto concreto de la atracción ejercida por la Luna y el Sol en la Tierra.

Debido a que es el cuerpo celeste más cercano a nuestro planeta, la Luna juega el papel más importante en los movimientos de las mareas, pero el Sol, con su masa tan grande, también tiene un efecto perceptible: se estima que su fuerza de atracción sobre las aguas marinas es del 46% de la de la Luna.

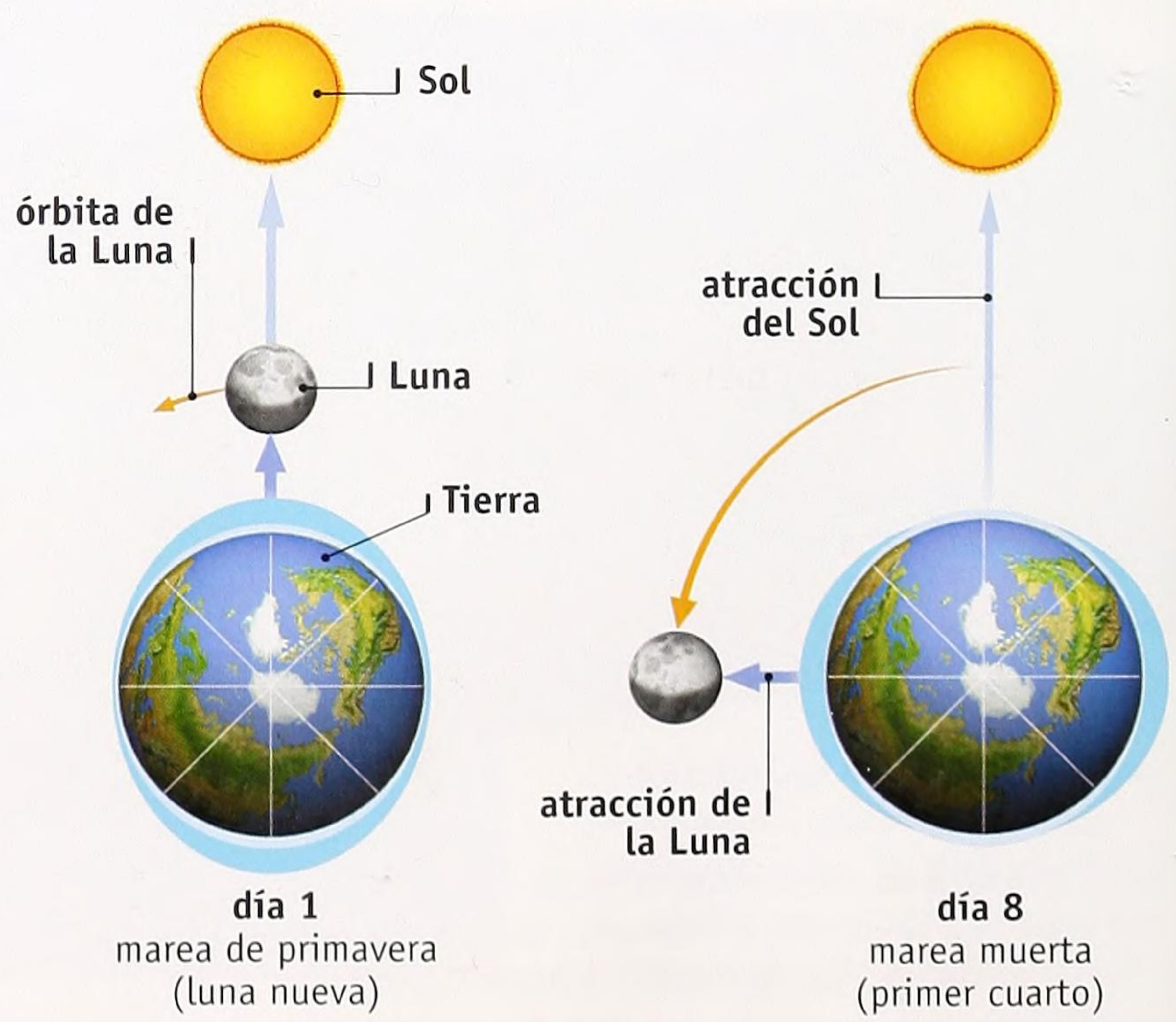


### LA FUERZA DE ATRACCIÓN DE LA LUNA

A pesar de que la Luna está a 378,000 km de la Tierra, su fuerza gravitacional es lo suficientemente fuerte para mover los mares. Cuando la Tierra rota de manera que una masa de agua queda frente a la Luna, el agua sube en esa dirección; este abultamiento produce una marea alta ①. Al mismo tiempo, la atracción gravitacional de la Luna en el agua en el otro lado de la Tierra, es mucho más débil. Esta agua se ve afectada por la fuerza centrífuga creada por la rotación de los sistemas Tierra - Luna y tiende a abultarse hacia fuera, creando otra marea alta ②. Si la Tierra estuviera formada sólo de materiales rígidos, seguiría siendo deformada por la acción de estas dos fuerzas y tendría forma de huevo.



La atracción gravitacional no es la única influencia en las mareas; se han descubierto muchos factores relacionados a la geografía local. Mientras los mares cerrados casi no se ven afectados por el fenómeno, la **Bahía de Fundy**, en la costa atlántica de Canadá, tiene las variaciones de mareas más grande del mundo, con una amplitud (el rango entre las mareas alta y baja) de hasta 16 metros.

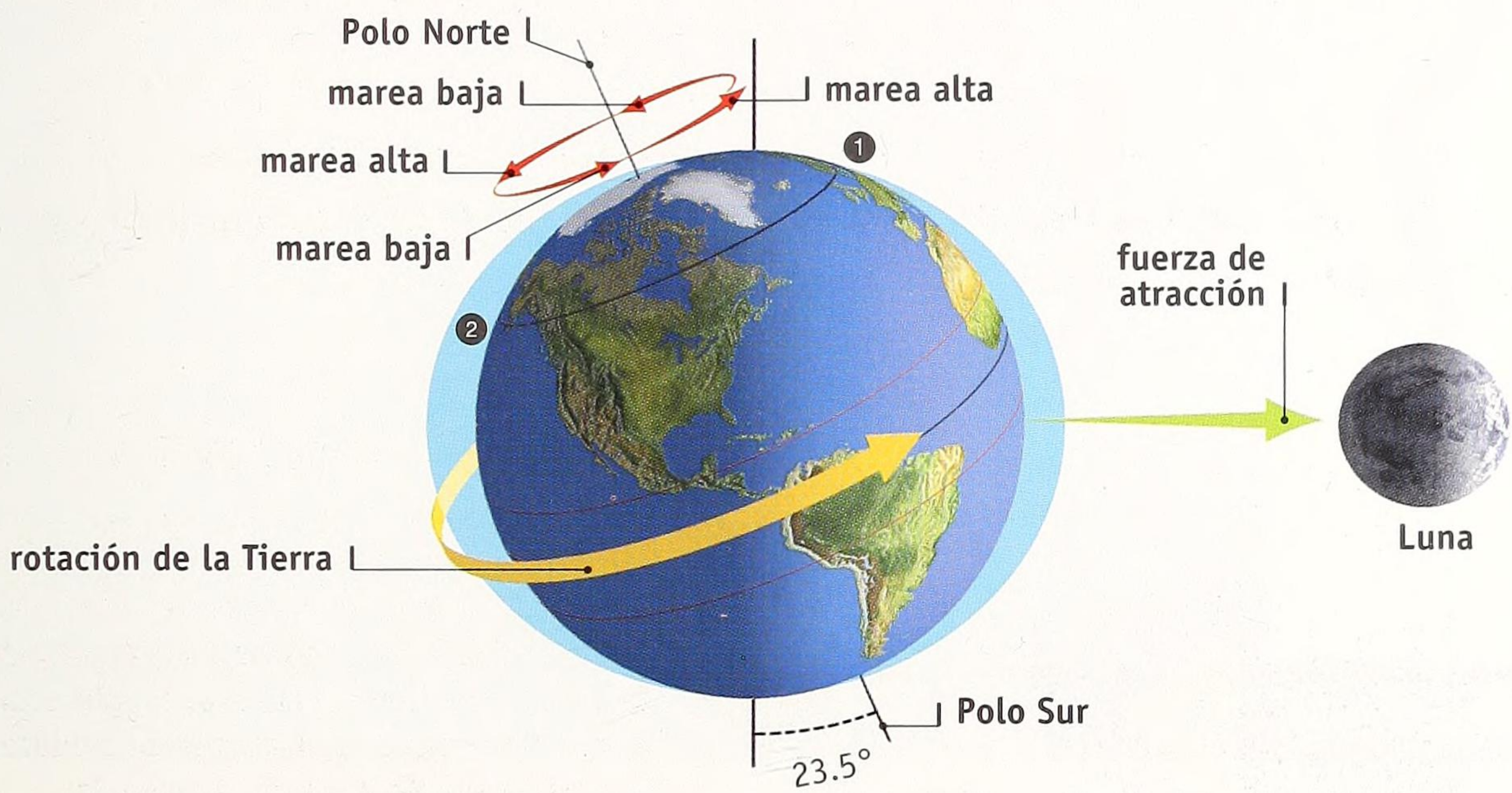




MAREAS DIARIAS

La Tierra tiene en todo momento, dos regiones de marea alta que corresponden a las zonas de abultamiento en alguna parte del planeta, separadas por dos zonas de marea baja. Durante un mismo día, cada parte del océano del mundo pasa por estas cuatro zonas. Como la duración de la rotación de la Tierra en relación a la Luna no es de 24 horas, sino de 24 horas con 50 minutos, hay como 6 horas y 12 minutos entre las mareas alta y baja.

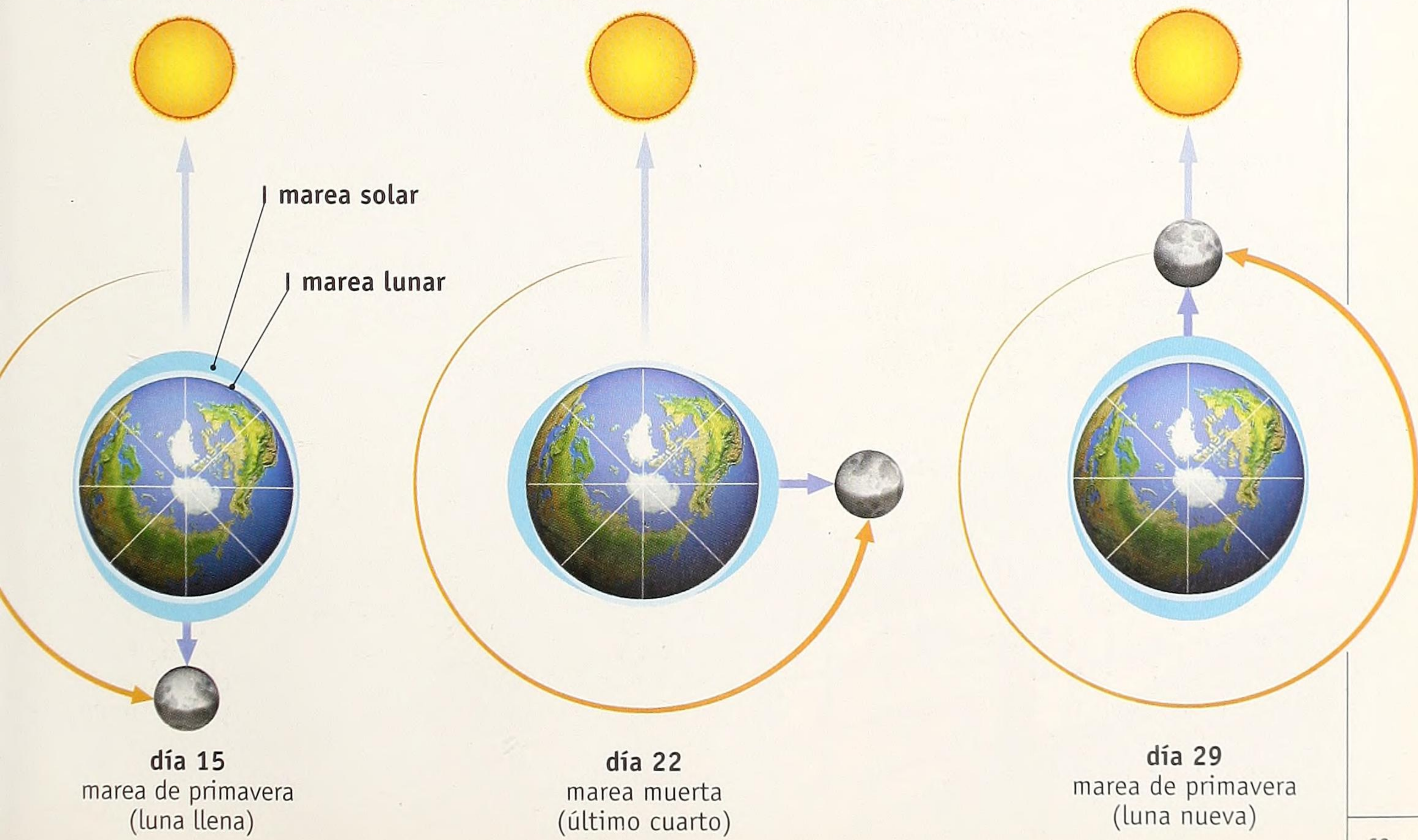
La inclinación de la Tierra con relación a la eclíptica (el plano de la órbita de la Tierra), que es de 23.5°, también tiene un efecto en el nivel de las mareas altas. A latitudes altas, existe una marcada diferencia entre la primer marea alta del día, que es relativamente baja ①, y la segunda, que llega 12 horas y 25 minutos más tarde y es mucho más alta ②.



MAREA DE PRIMAVERA, MAREA MUERTA

A pesar de ser más débil que la de la Luna, la fuerza gravitacional del Sol sigue teniendo un papel importante en el fenómeno de las mareas. Cuando los tres cuerpos celestes están alineados, es decir en los días de luna llena y de luna nueva, las fuerzas gravitacionales del Sol y de la Luna se combinan para producir mareas de mayor amplitud, llamadas mareas de primavera.

Inversamente, las influencias del Sol y la Luna se cancelan parcialmente entre sí durante las etapas medias del ciclo lunar (primero y último cuartos), cuando los dos cuerpos celestes ejercen fuerzan perpendiculares sobre la Tierra. En estos momentos se dan las mareas muertas, donde la marejada es débil.







Así como las montañas resultan de movimientos tectónicos de gran escala, **el paisaje cambia** mucho más sutilmente día con día. A nuestro alrededor, se excavan valles, se acumulan dunas, se aplanan colinas, se abren cuevas. Debido a la lenta y constante **erosión por agua, aire y hielo**, la superficie de la Tierra constantemente evoluciona formando una asombrosa diversidad de paisajes.







# El paisaje evolutivo

- 72 **La erosión**  
*Mecanismos que transforman el paisaje*
- 74 **El ciclo de la erosión**  
*Los efectos del tiempo en el paisaje*
- 75 **Desprendimientos de tierra**  
*Cuando el peso da forma al paisaje*
- 76 **Cuevas**  
*Excavaciones esculpidas por el agua*
- 78 **Cómo se forman las montañas**  
*Procesos geológicos complejos*
- 80 **Montañas del mundo**  
*Evidencia de la actividad tectónica*
- 82 **Configuración de las costas**  
*Entre la tierra y el mar*
- 84 **Glaciares**  
*Ríos de hielo*
- 86 **Erosión glacial**  
*Cómo transforman los glaciares el paisaje*
- 87 **Icebergs**  
*Glaciares a la deriva*



# La erosión

*Mecanismos que transforman el paisaje*

Los paisajes que parecen tener el mismo aspecto día tras día, de hecho están en un proceso de constante cambio. Acontecimientos espectaculares, como las erupciones volcánicas y las inundaciones, cambian la topografía de la Tierra a veces de manera radical, pero la erosión, aunque es mucho más discreta, es uno de los mecanismos principales en la transformación de las características del relieve de la Tierra.

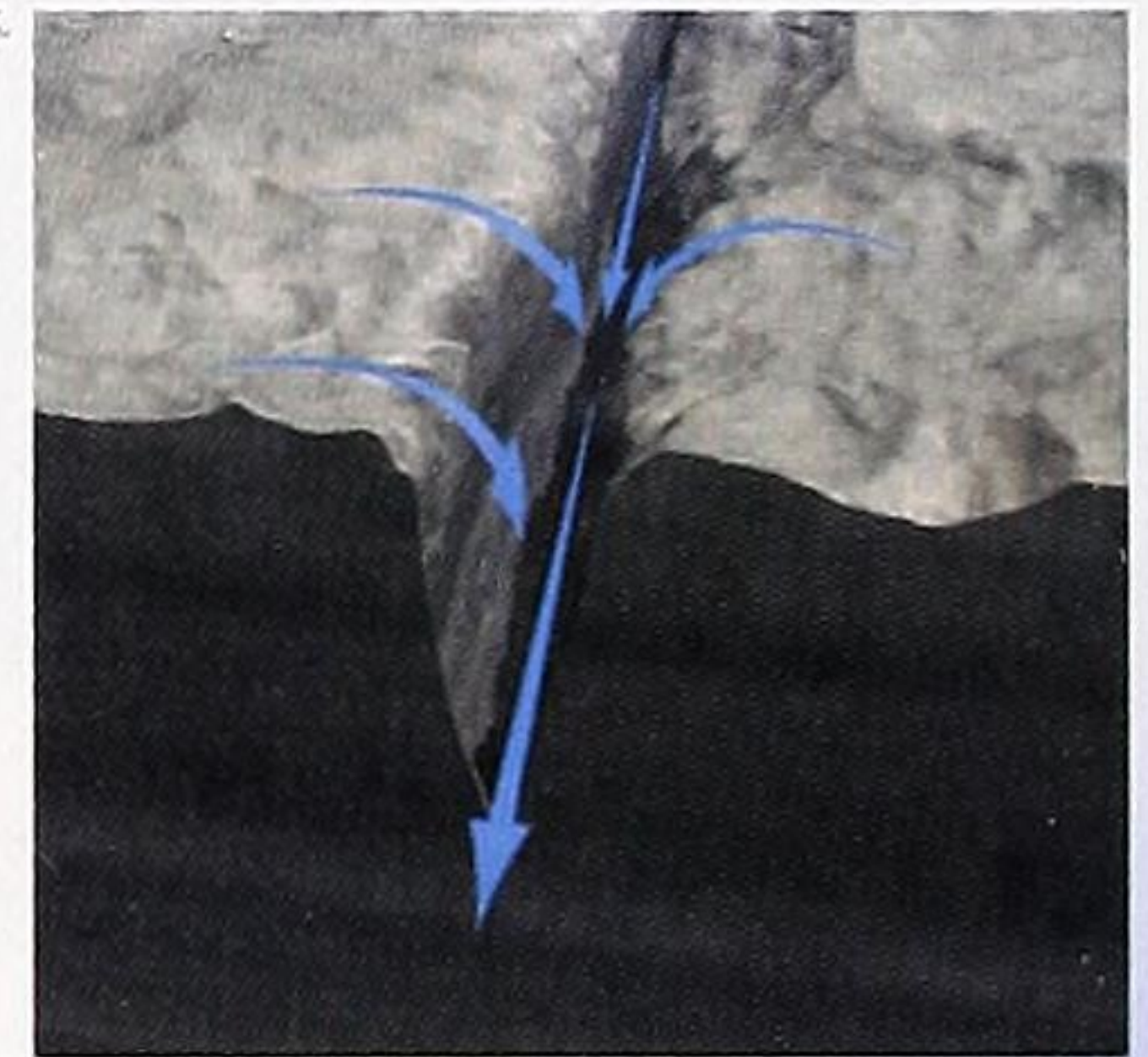
La erosión, un proceso que incluye el desgaste, la alteración y la nivelación, es un ciclo que se inicia con la remoción gradual de materiales superficiales y continúa con el transporte de partículas erosionadas hasta que se depositan y acumulan en forma de sedimentos.

## DIFERENTES TIPOS DE EROSIÓN

El agua en todas sus formas, el viento y el hielo son los principales agentes de la erosión: alteran profundamente el paisaje mediante procesos químicos y mecánicos.

### EROSIÓN POR INFILTRACIÓN

**Escurrimientos** de agua mueven partículas del suelo y excavan barrancos.



### EROSIÓN POR OLAS

Las **olas** esculpen acantilados. Las rocas se vuelven frágiles por la acción abrasiva y química de la sal y las algas y se alteran bajo el repetido impacto de oleajes y mareas.

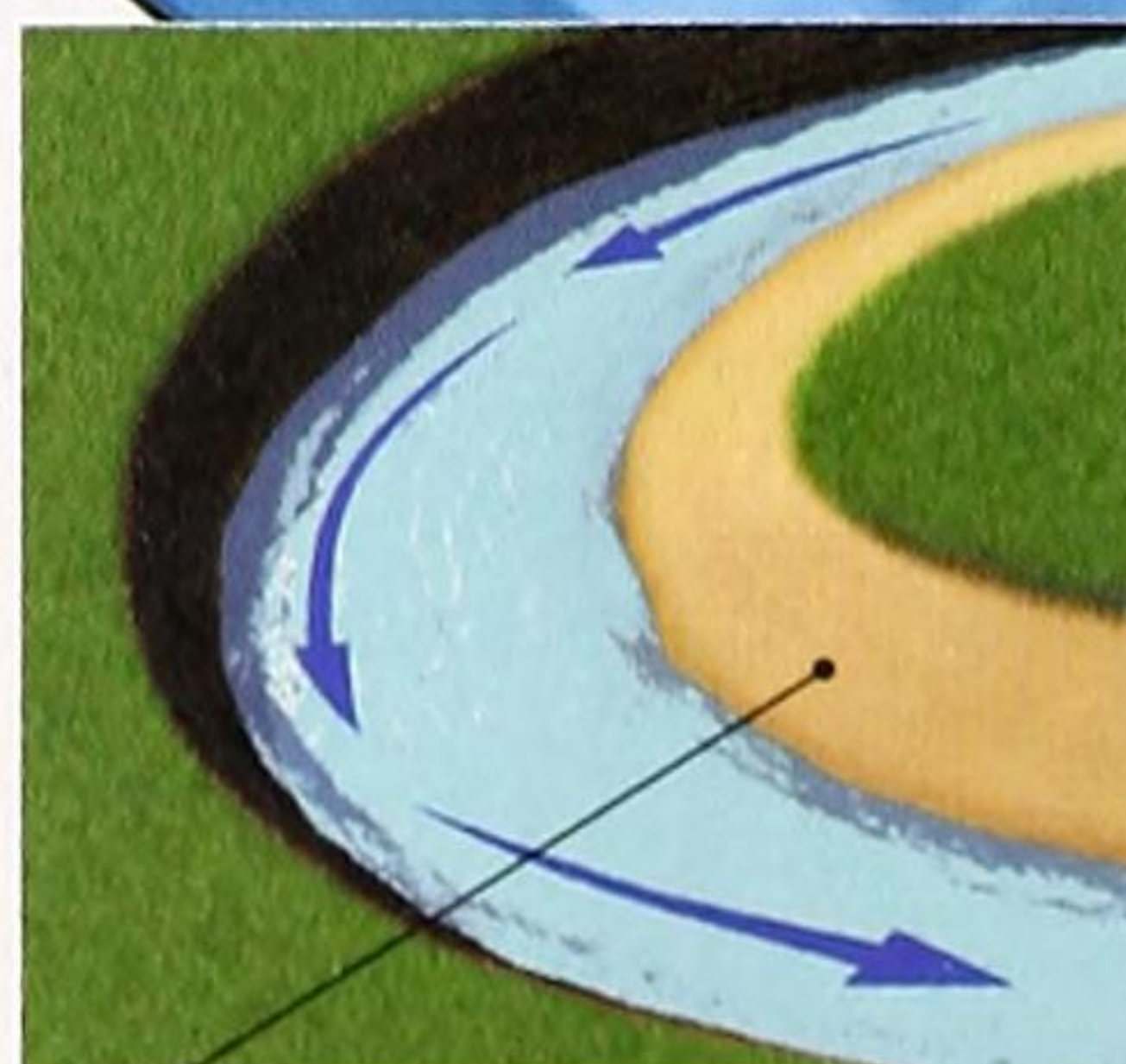


depósitos deltáicos o aluviales

depósitos oceánicos

### EROSIÓN FLUVIAL

El agua de **río** arrastra materiales de bancos y lechos fluviales, rodándolos unos contra otros y fragmentándolos. Estas partículas tienen un efecto abrasivo que esculpe las riveras.



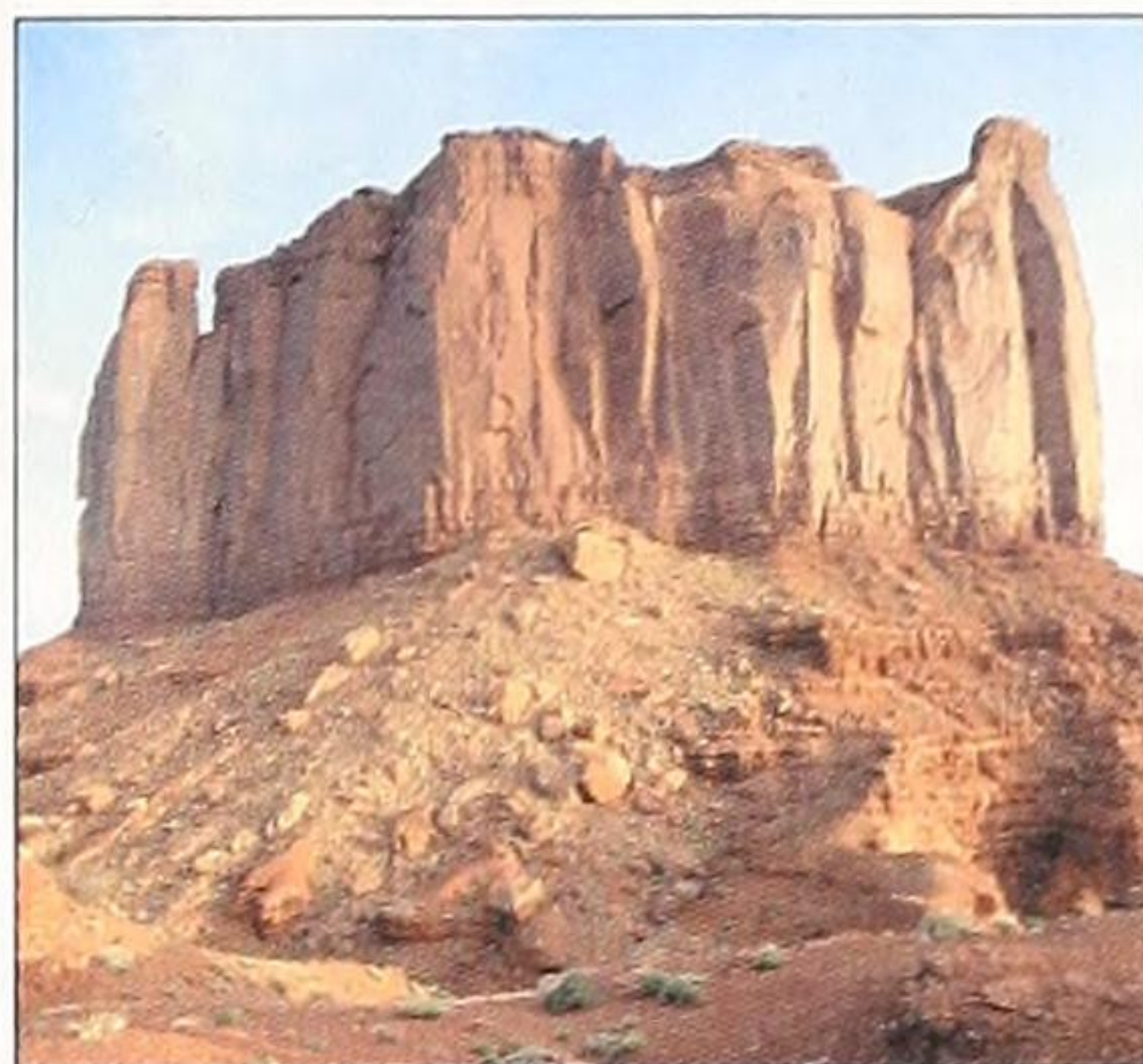
depósitos fluviales

depósitos lacustres



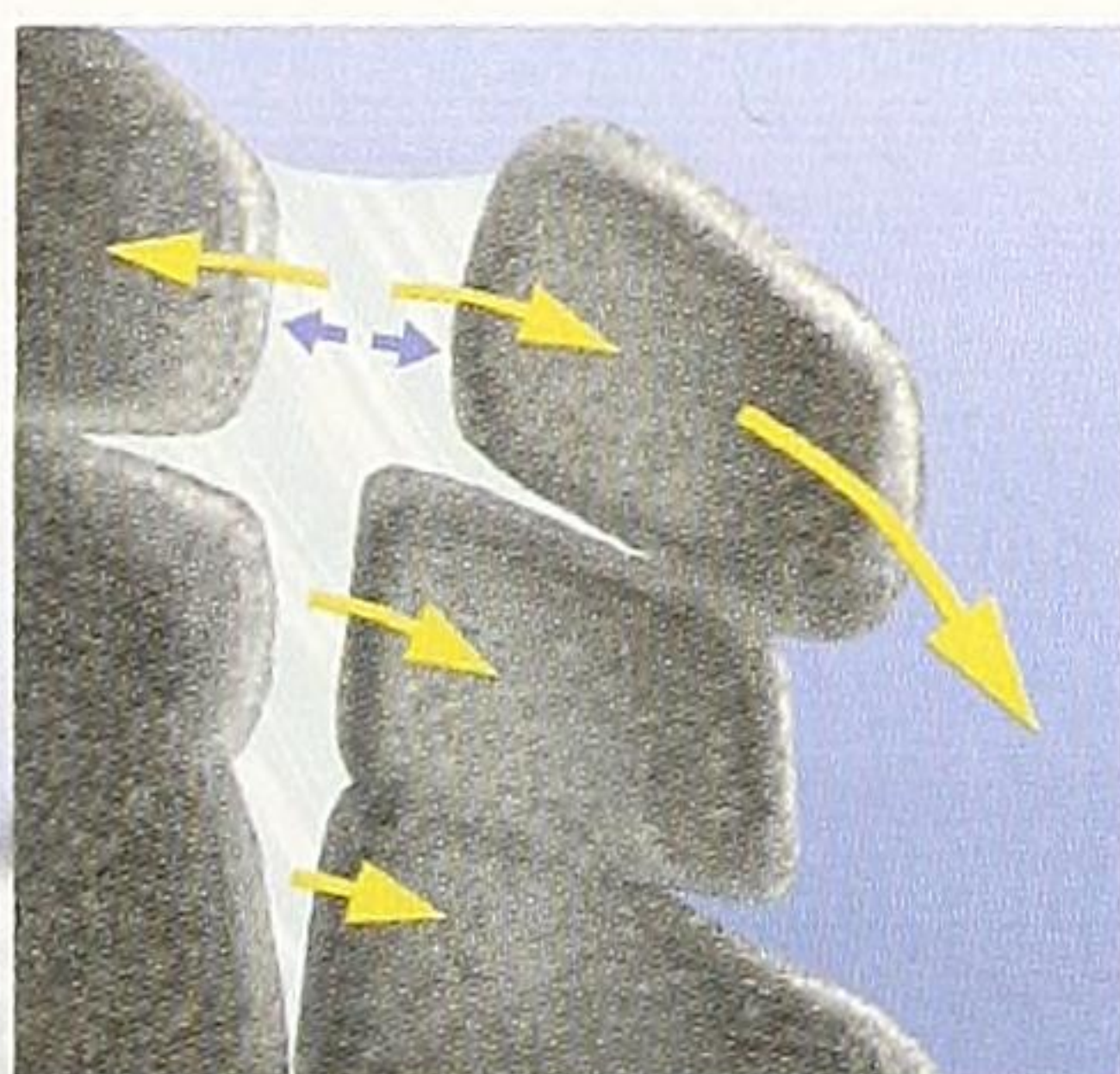
## UN EJEMPLO DE ALTERACIÓN DEL PAISAJE: LOS MONOLITOS

En algunas regiones el viento sopla granos de arena violentamente contra las rocas, actuando como abrasivos. En milenios, este modo de erosión conforma monolitos de aspecto inusual, como los de Monument Valley, Arizona.



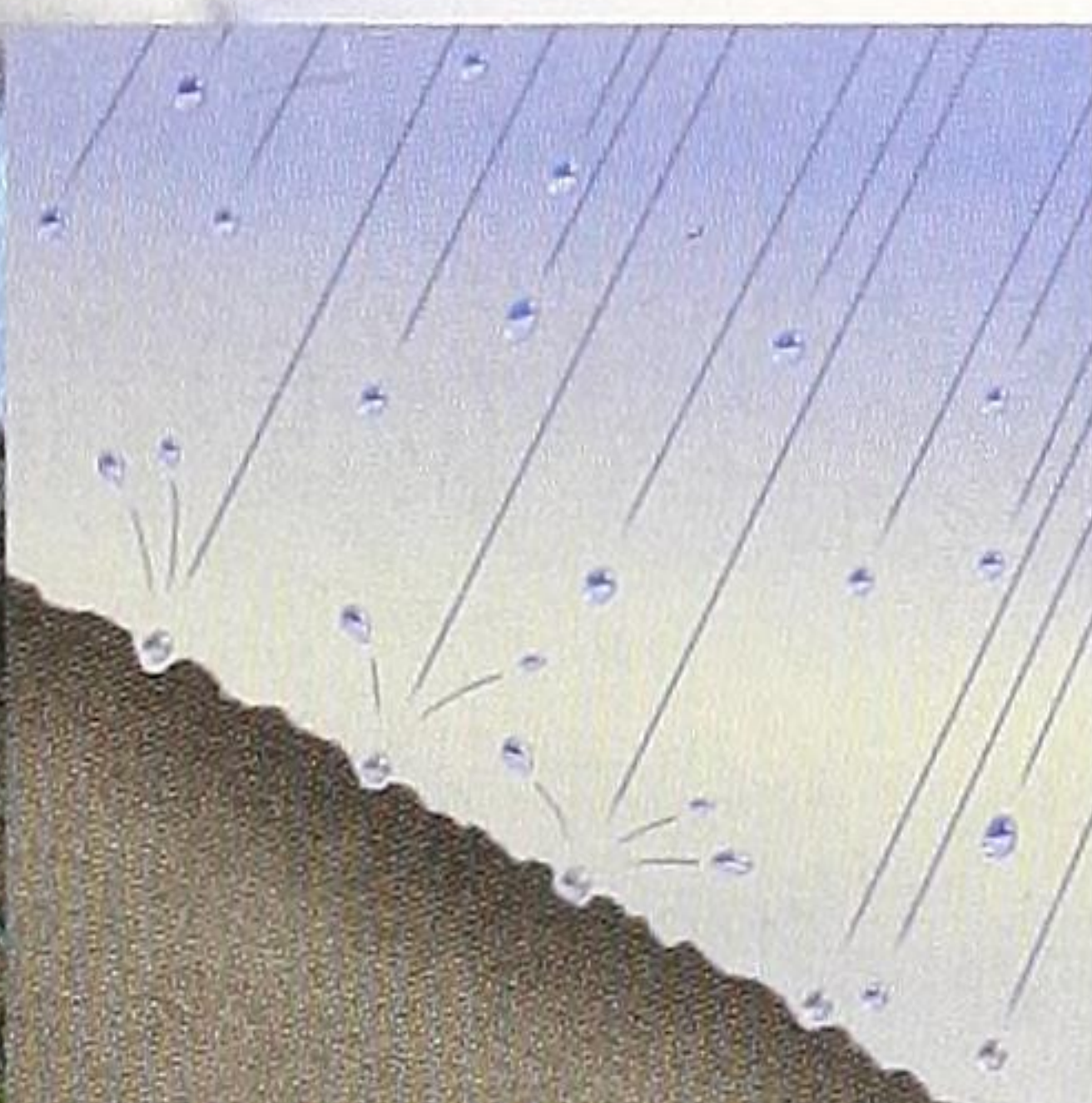
### EROSIÓN GLACIAL

Los glaciares que arañan las laderas de altas montañas realizan una forma de alteración mecánica. Como resultado de la gravedad, una **lengua de hielo** se extiende montaña abajo. Al descender, esta masa de hielo arrastra fragmentos de roca, guijarros y arena, esculpiendo un valle en el proceso.



### CONGELIFRACCIÓN

El volumen del agua incrementa cerca de un 10% cuando se congela. Si esta transformación ocurre en una grieta estrecha en una roca, la roca es sometida a una enorme presión que literalmente la parte en dos. La congelifracción ocurre en montañas donde alternan **heladas** y deshielos.



### EROSIÓN FLUVIAL

El **agua de lluvia**, cargada con dióxido de carbono de la atmósfera, y a veces con dióxido de azufre, altera químicamente varios minerales presentes en la tierra, incluida la piedra caliza. La piedra erosiona en la superficie y en las grietas.

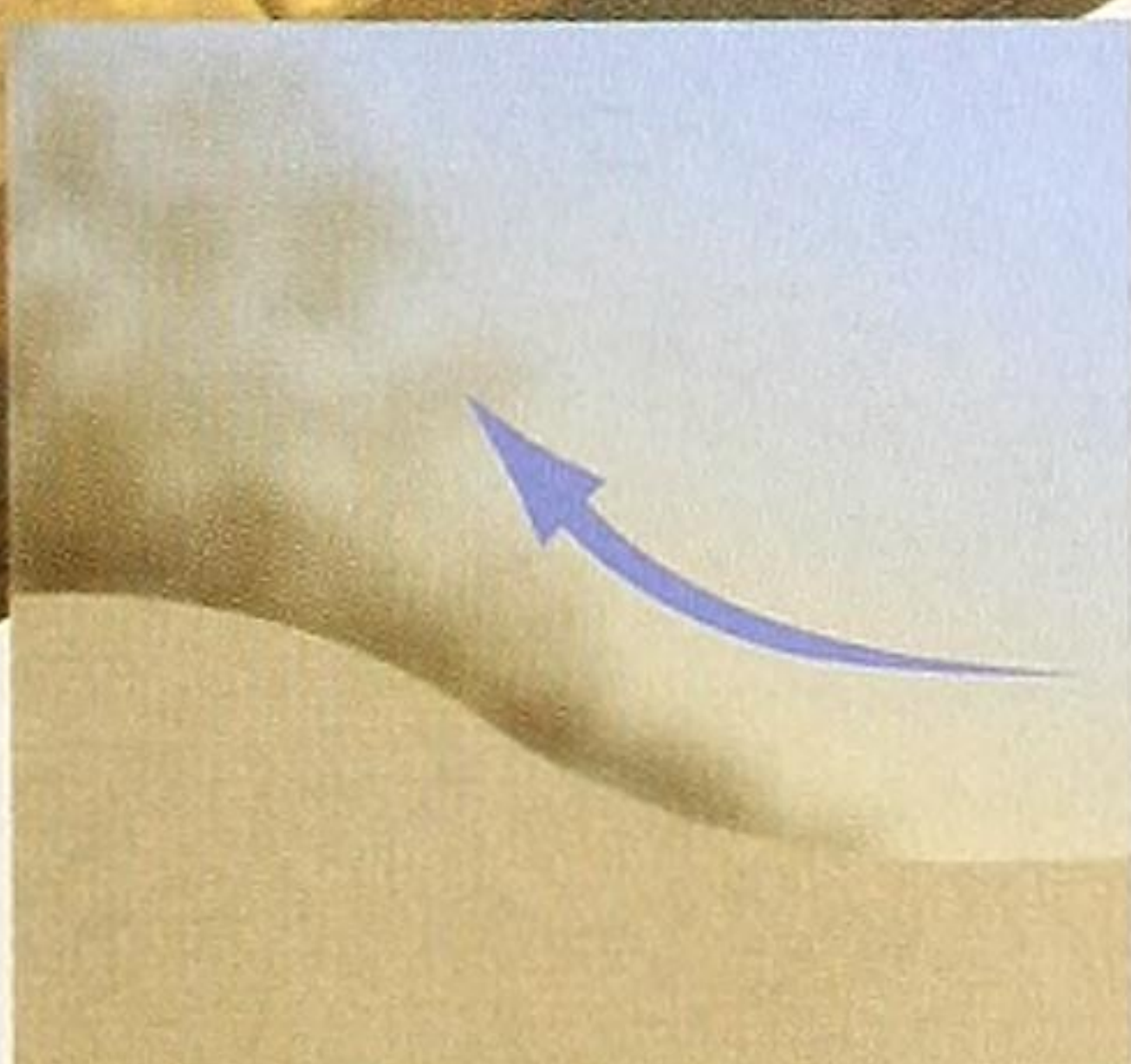


l piedras de arcilla

l depósitos dejados por inundaciones rápidas

### EROSIÓN EÓLICA

El **viento** deja su huella, particularmente en llanos y desiertos. La tierra donde los granos de arena quedan expuestos al viento, gradualmente desaparece.



l dunas



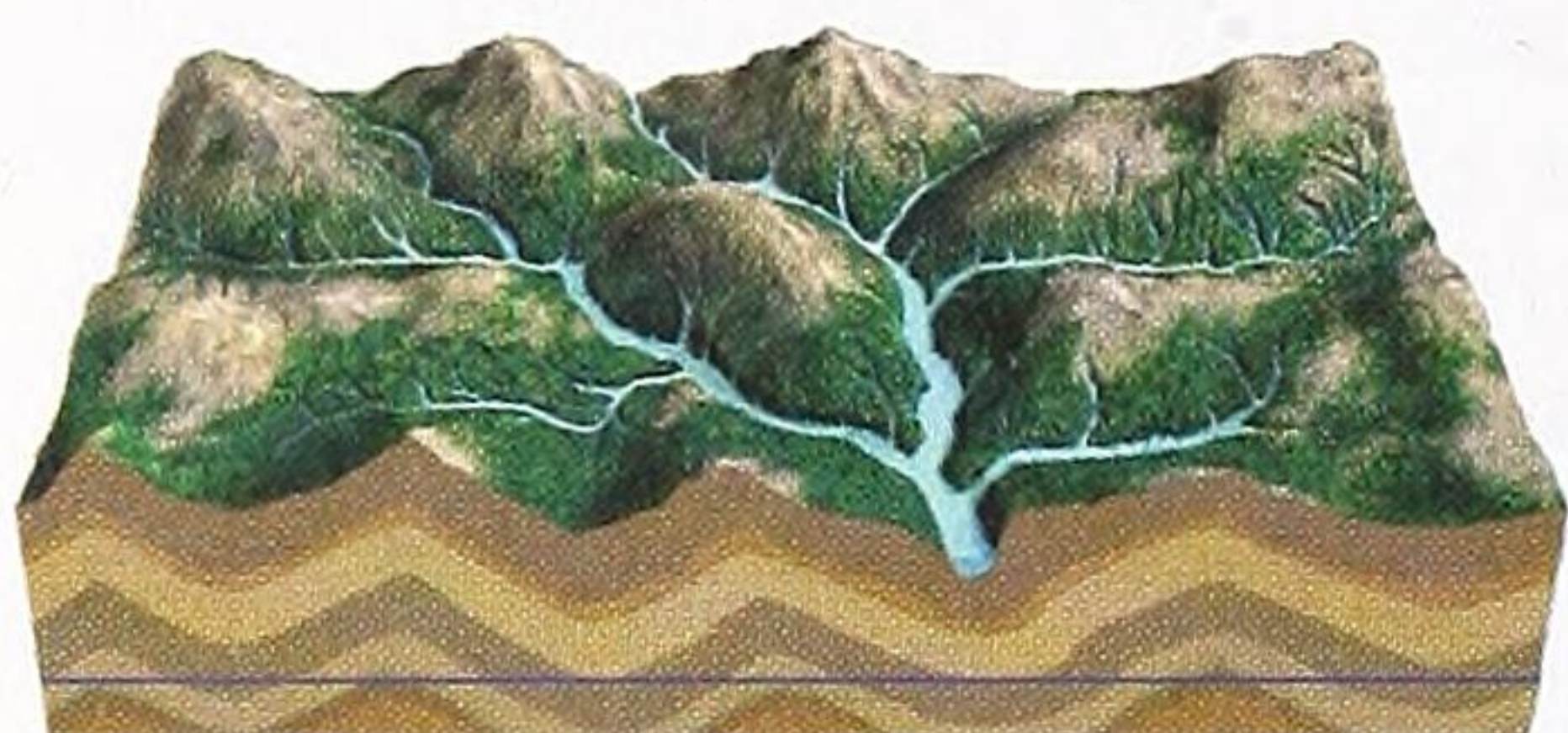
# El ciclo de la erosión

*Los efectos del tiempo en el paisaje*

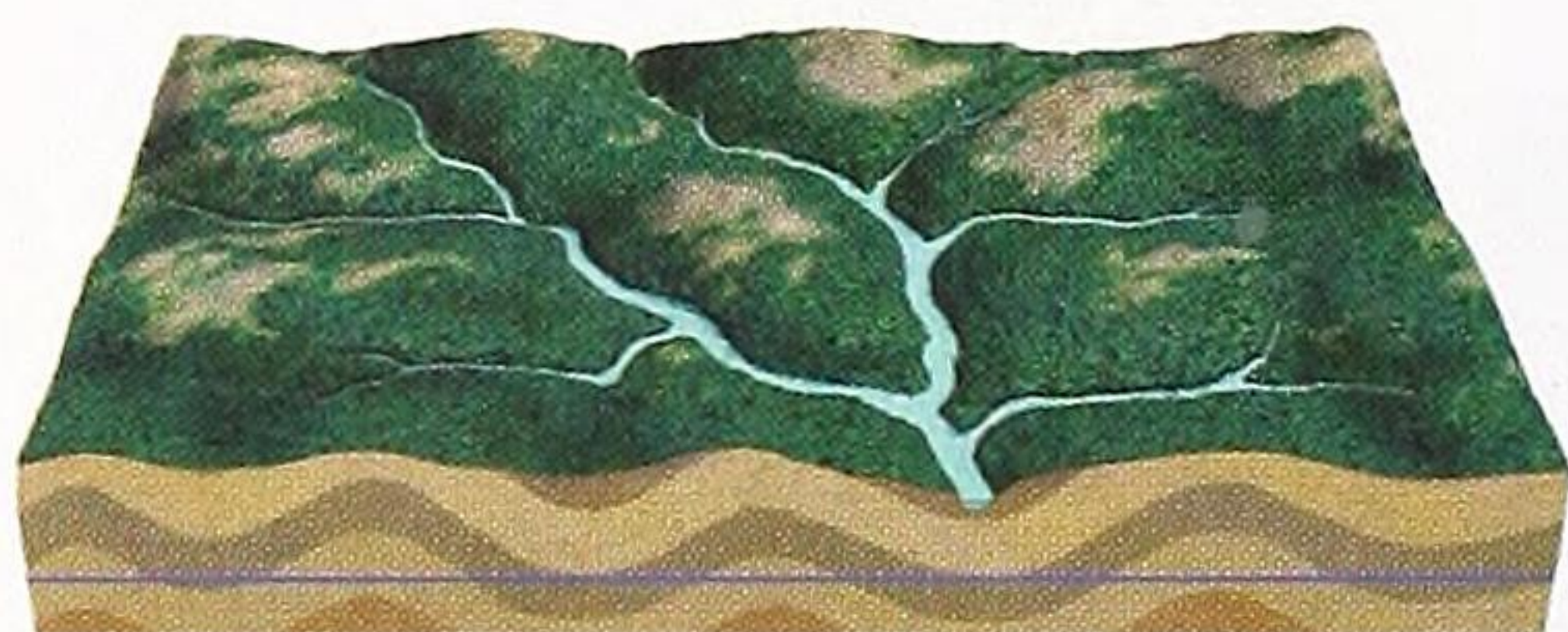
El ciclo de la erosión tiene lugar a diferentes velocidades, pero siempre resulta imperceptible a escala humana: una fisura en un bloque de granito generalmente sólo se extiende unos pocos milímetros cada mil años. Los macizos, las regiones semiáridas y las zonas donde la superficie de la tierra ha sido modificada por la actividad humana, (tala, construcción de caminos y ciudades, etc.) experimentan la erosión más rápida. La erosión más lenta se asocia con tierras bajas donde los materiales son muy duros, como el escudo canadiense.

## LA EVOLUCIÓN DE UN PAISAJE

Las características del relieve pasan por una serie de etapas. La acción erosiva de los cursos de agua altera los paisajes fluviales.



Donde el paisaje es aún muy abrupto, con grandes picos y profundas laderas, la erosión es muy rápida. Los cursos de agua cavan valles en forma de V y arrastran muchos detritos de roca.



Debido a la erosión, la topografía empieza a nivelarse: las cumbres se redondean, los declives se hacen más suaves, y los cursos de agua acarrean menos detritos y se hacen más lentos.



Después de millones de años de erosión, el paisaje se vuelve una penillanura: su relieve es casi completamente plano y se eleva muy poco del nivel de base: (nivel del mar). El proceso de erosión se hace considerablemente lento.

**| nivel de base**



Fenómenos geológicos y tectónicos pueden causar una elevación repentina de tierra. En este caso, la penillanura es mucho más alta que el nivel de base.

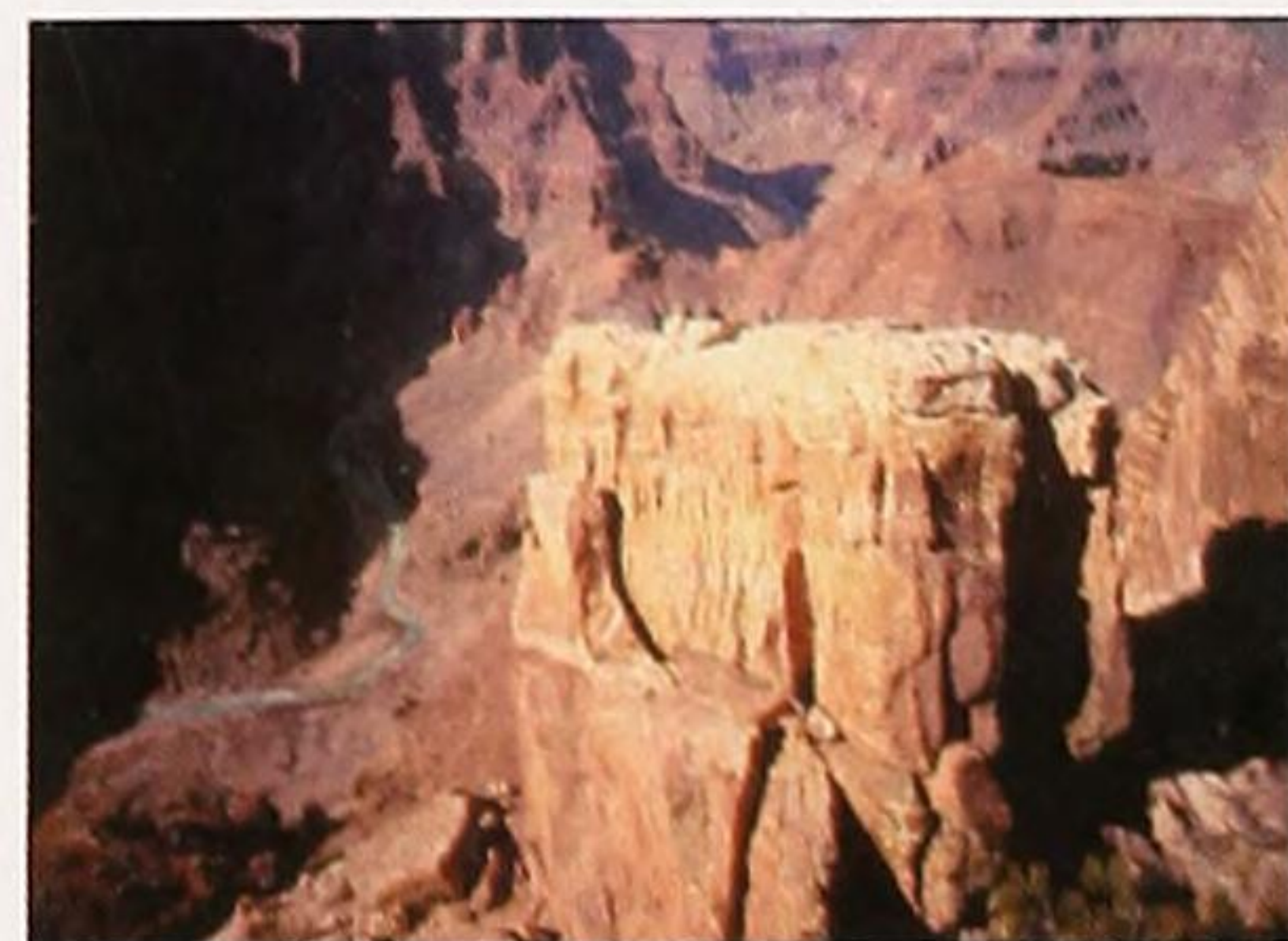
**| elevación de la tierra**



En este punto, la erosión volverá a empezar: nuevamente los cursos de agua excavan profundos valles y el paisaje se rejuvenece.

## EL GRAN CAÑÓN DEL RÍO COLORADO

La elevación del altiplano del Colorado, en Arizona, ocasionó que se esculpieran profundos desfiladeros. Para volver a su nivel de base, el río Colorado se hundió expandiendo su lecho, y excavando cañones de hasta 1.5 km de profundidad.





# Desprendimientos de tierra

*Cuando el peso da forma al paisaje*

Los desprendimientos de tierra ayudan a dar forma al paisaje, a veces lentamente, a veces rápido y a veces de forma abrupta. Originados por cambios climáticos mayores (heladas, deshielos, lluvias torrenciales), acciones que perturban el equilibrio de los suelos (deforestación, construcciones), o temblores (terremotos, erupciones volcánicas), representan una forma especial de erosión, relacionada con la gravedad de la Tierra. Dependiendo de la inclinación de las pendientes, la naturaleza del suelo, y el elemento desencadenador, estos fenómenos también llamados movimientos masivos, pueden tomar varias formas: arrastres, corrimientos de tierra, avalanchas y resbalones de tierra.

## ARRASTRES Y CORRIMIENTOS DE TIERRA

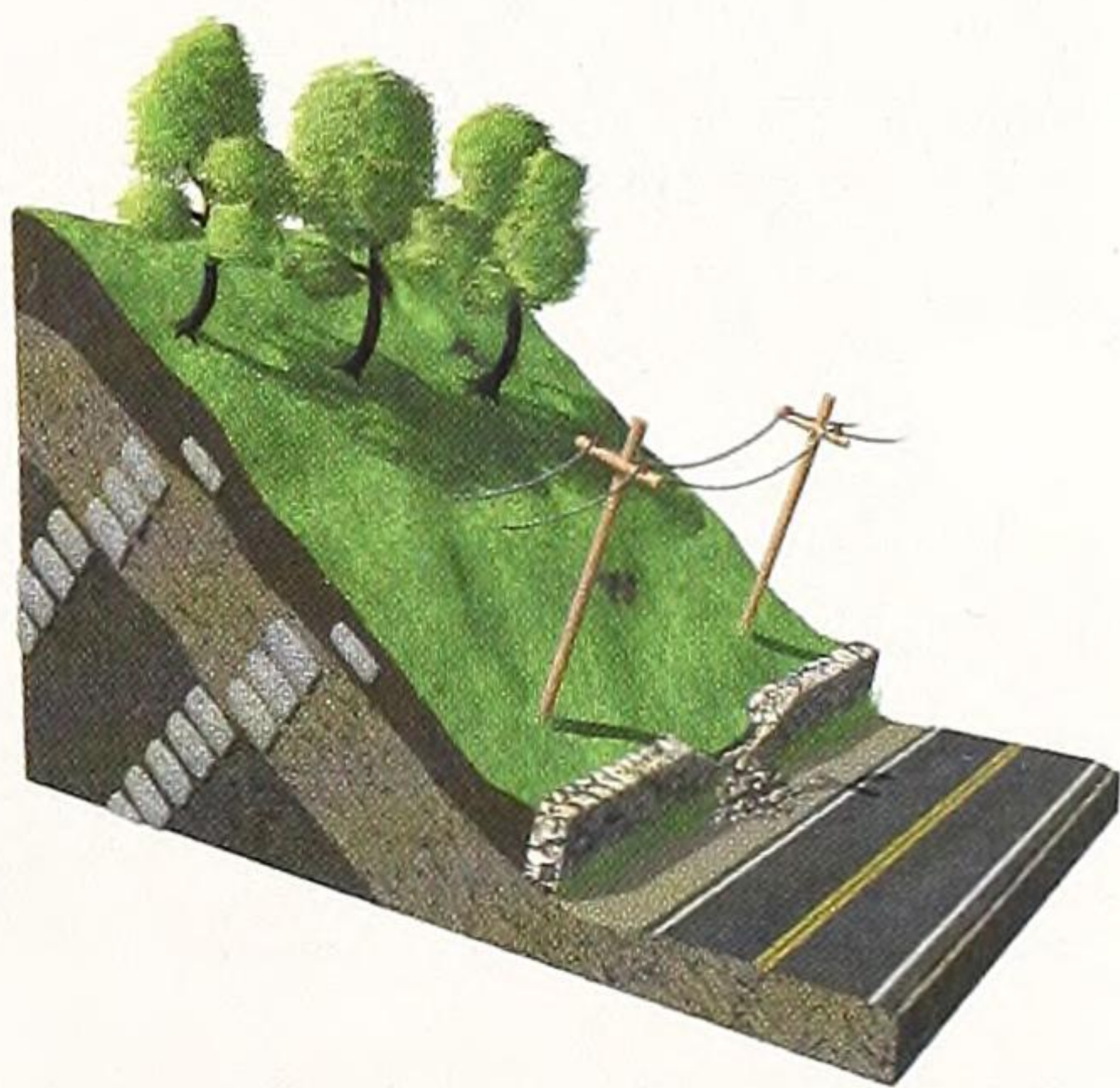
Cuando la lluvia y la nieve impregnan los materiales de una ladera, se reduce la cohesión de las partículas de tierra y roca, haciéndolas fácilmente movibles.



Un **flujo de lodo** está entre los movimientos masivos más rápidos. Ocurre principalmente en regiones áridas y semiáridas, donde lluvias torrenciales saturan la tierra rápidamente. El lodo fluye naturalmente en barrancos y se extiende a los pies de la ladera.



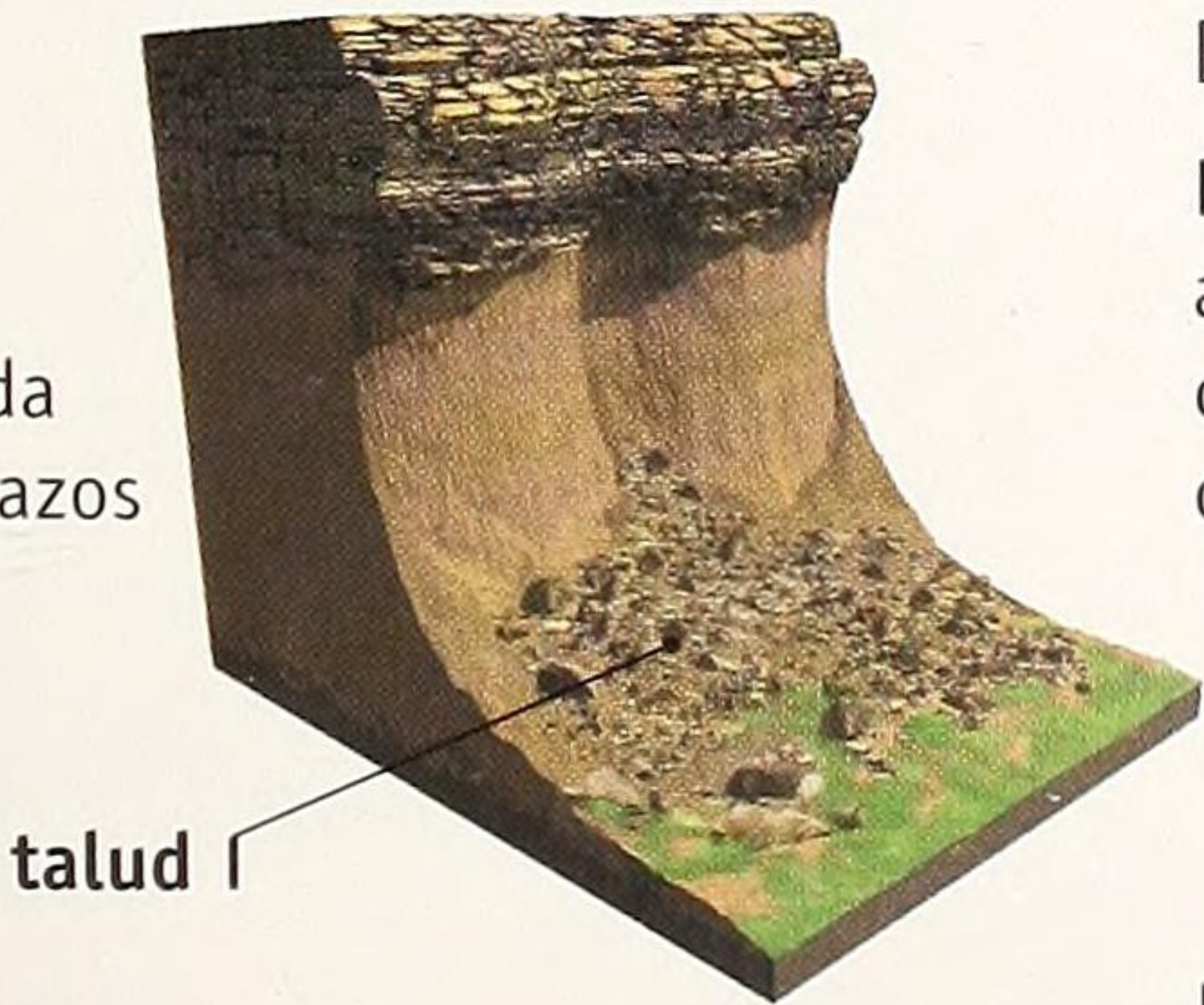
Un **flujo de tierra** ocurre cuando la parte superior de una porción de tierra cede y desciende, formando una lengua de tierra de longitudes variables. Este fenómeno ocurre más frecuentemente en suelos arcillosos y esquistosos en regiones húmedas.



Un movimiento masivo que es imperceptible debido a que es muy lento (varios milímetros por año), el **arrastre**, no obstante tiene efectos notorios en el paisaje. Árboles doblados, postes inclinados, y paredes combadas atestiguan el movimiento de la capa superior del suelo. La causa principal del arrastre es la humedad y sequía alternos.

## AVALANCHAS

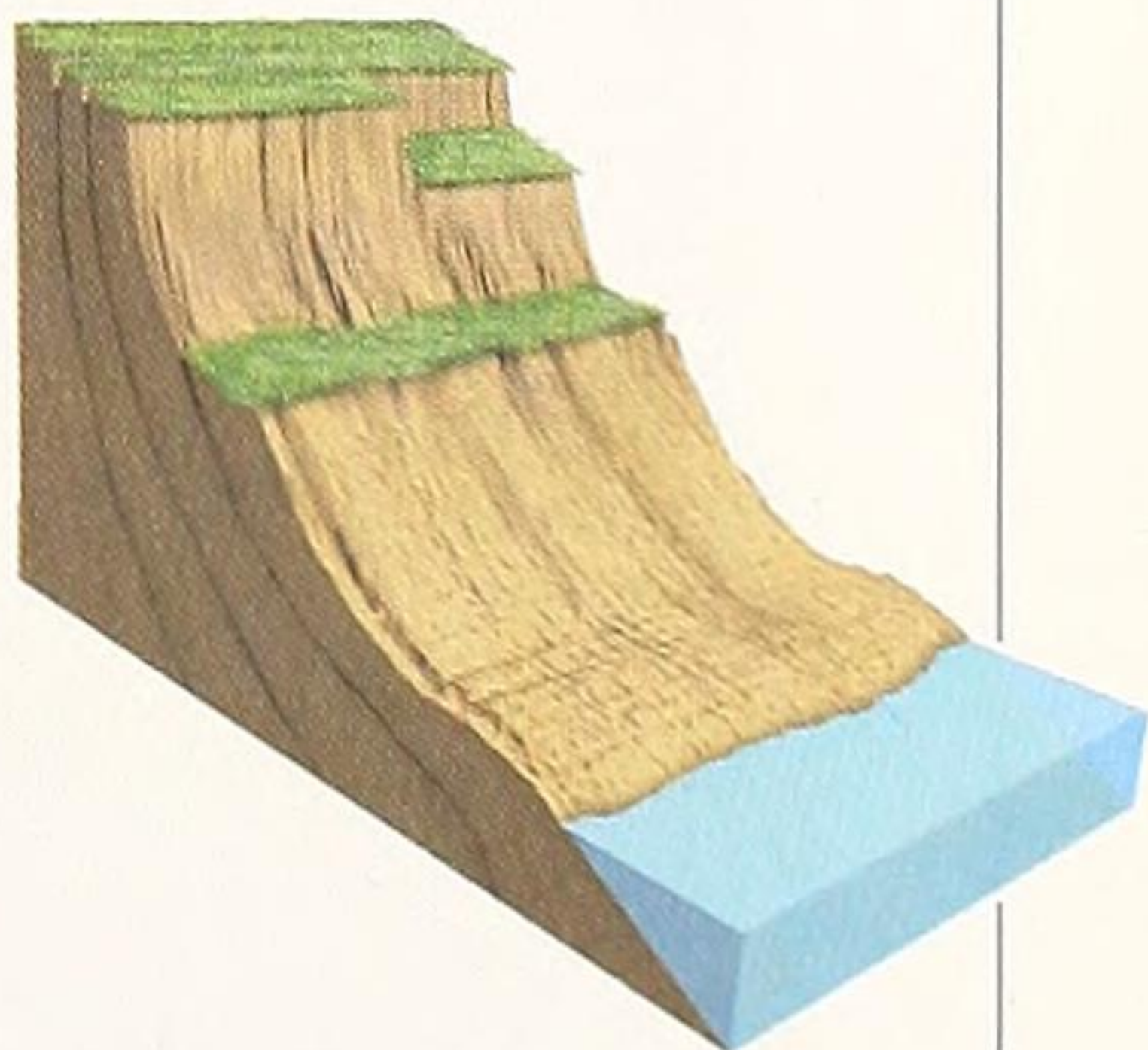
Pendientes muy profundas son vulnerables a la caída libre de rocas o pedazos de tierra.



Un **deslizamiento de rocas** es una caída repentina de piedras, partidas por heladas o raíces de plantas. Este fenómeno ocurre principalmente en cañones, acantilados y caminos de montaña. La acumulación de piedras a los pies de las caras de una roca forman un talud.

## RESBALONES DE TIERRA

Los resbalones de tierra arrastran materiales (rocas o tierra) a lo largo de una o varias superficies.



Un **deslizamiento rotativo** ocurre cuando una porción de una ladera se desliza a lo largo de una superficie curva o cóncava. Este fenómeno, que afecta suelos pobremente consolidados, puede ser causado por erosión en la base de una pendiente (río u olas) o por el peso adicional (construcciones), que hace que la estructura entera se haga frágil y amenace su equilibrio.



# Cuevas

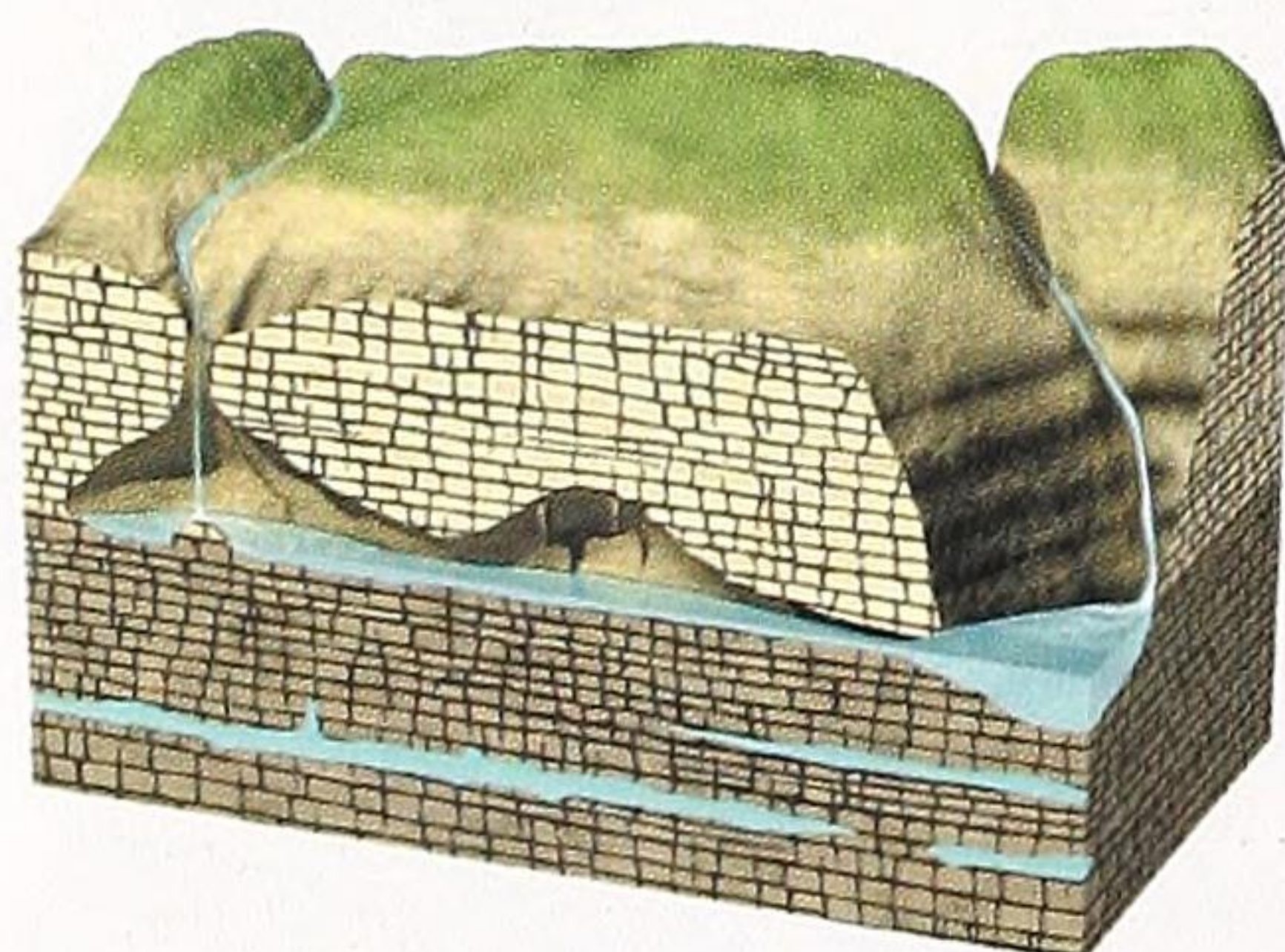
## Excavaciones esculpidas por el agua

Cavidades subterráneas se encuentran en todo el planeta: en acantilados sobre los mares, en lava solidificada, e incluso en glaciares. Rocas porosas, como la caliza y la dolomita, contiene las cadenas de cuevas más grandes. Estas excavaciones naturales, que se extienden horizontalmente (galerías) o verticalmente (huecos y pozos), son el resultado de la erosión lenta de lechos de roca causados por el agua. Se necesitan decenas de miles de años para que se forme una cueva de pocos metros de diámetro, y casi cien años para que una estalactita, una masa de calcita que apunta al suelo, crezca sólo cinco centímetros.

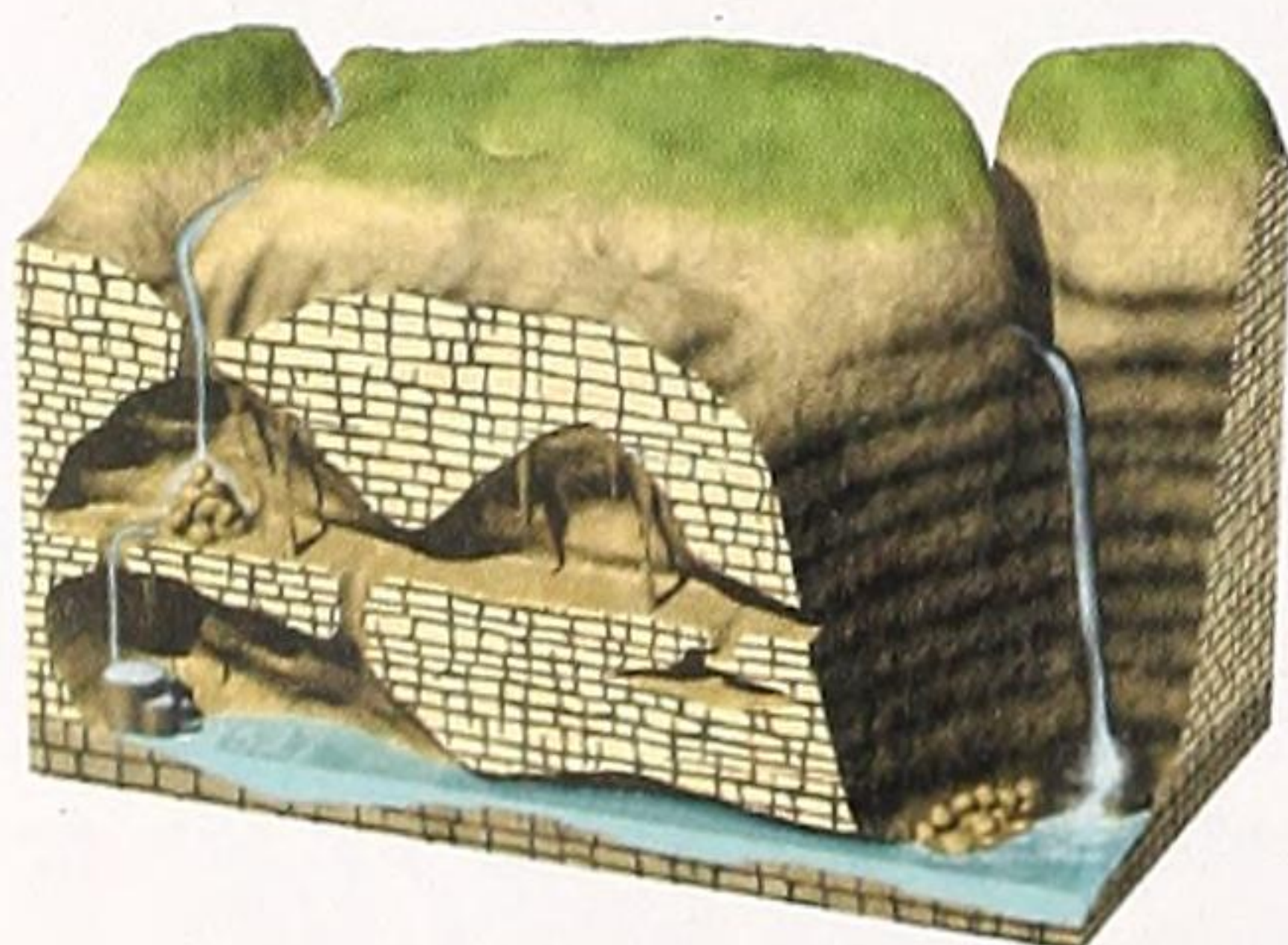
### FORMACIÓN DE UNA CUEVA



1. Al filtrarse en la roca, el agua de lluvia, naturalmente ácida, disuelve la piedra caliza y lentamente ensancha las grietas existentes.



2. Cuando llega al nivel del agua subterránea, el agua fluye horizontalmente hacia una salida natural, excavando galerías lentamente.



3. Conforme el agua sigue ahuecando el lecho de roca, el agua subterránea cede gradualmente, la galería superior se seca y se convierte en una galería fósil.

**Lapiaz** son grandes áreas planas que tienen acanaladuras talladas por la erosión química de la piedra caliza.

Aperturas profundas, llamadas **torcas, dolinas o pozos** se forman en la superficie, cuando la cámara de una cueva se derrumba.

**nivel del agua subterránea anterior**

La calcita (carbonato de calcio) se deposita en forma de barreras con forma de escalones llamados **tobas**.

**El agua subterránea**, alimentada por agua de lluvia que se filtra en el lecho de roca, circula lentamente e impregna la roca.

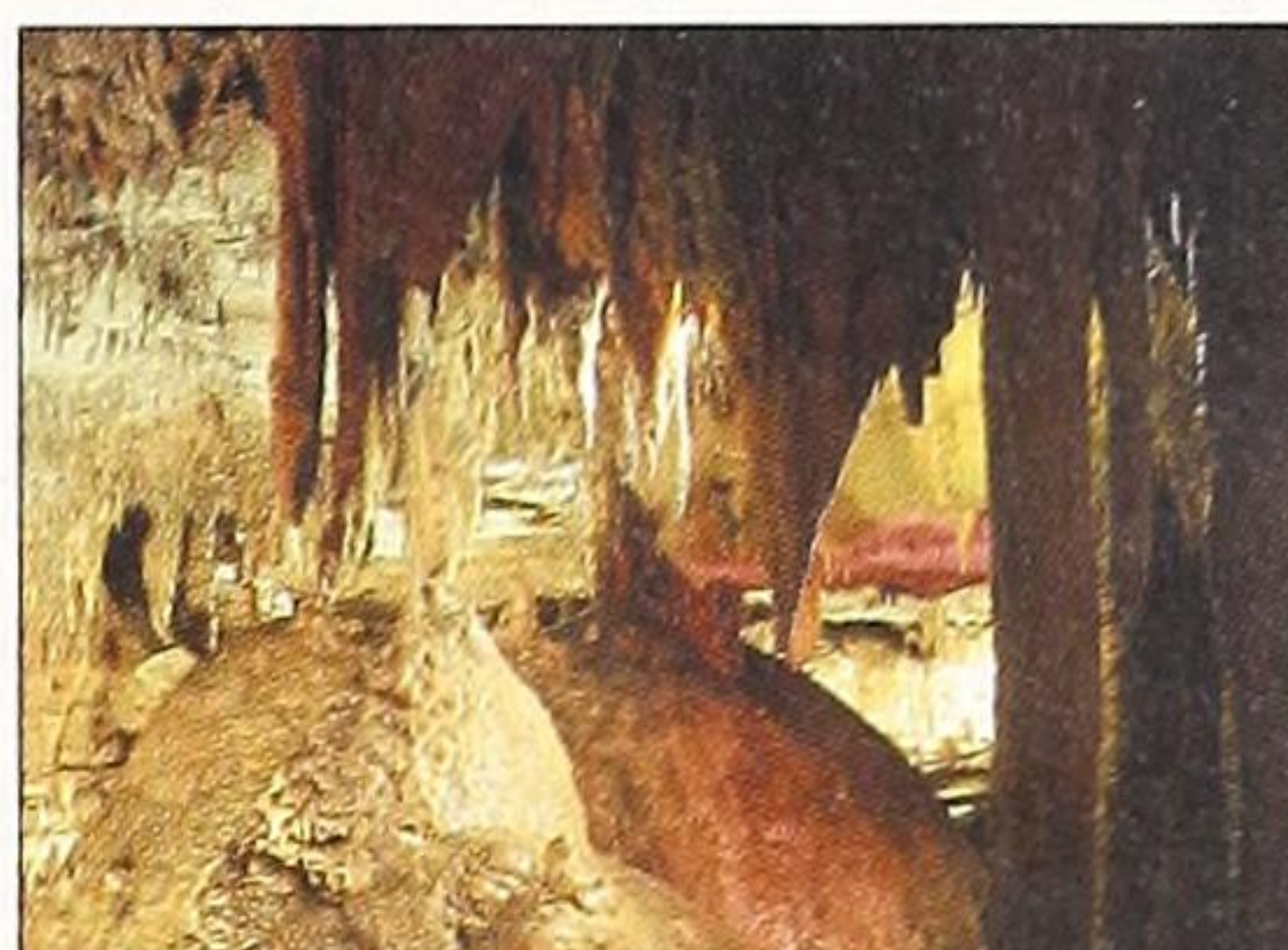
**pozo**

**laguna**



## CADENAS MUY GRANDES

Las cuevas están organizadas en cadenas que se pueden extender grandes distancias. Lo que se cree que sea el grupo de cuevas subterráneas más grande del mundo, la Cueva del Mamut, está en el estado norteamericano de Kentucky; su sistema de galerías se extiende más de 550 km.



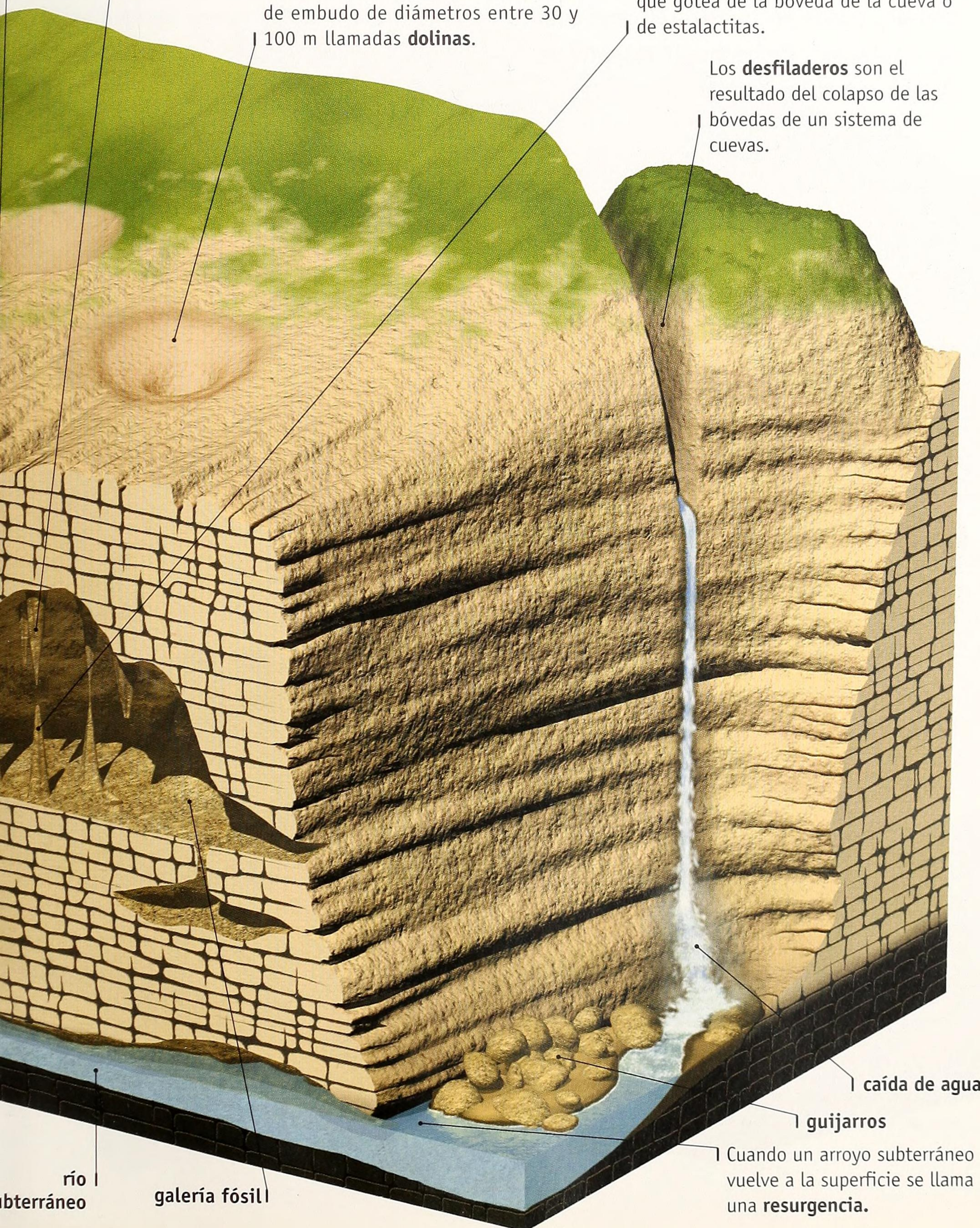
Cuando las estalactitas y las estalagmitas se encuentran, forman **columnas**.

Las **estalactitas** se forman de la cristalización de la calcita contenida en gotas de agua que gotean del techo de la cueva.

La infiltración constante del agua en la roca forma depresiones con forma de embudo de diámetros entre 30 y 100 m llamadas **dolinas**.

Las **estalagmitas** parecen salir del suelo. En realidad resultan de la cristalización de la calcita en el agua que gotea de la bóveda de la cueva o de estalactitas.

Los **desfiladeros** son el resultado del colapso de las bóvedas de un sistema de cuevas.





# Cómo se forman las montañas

*Procesos geológicos complejos*

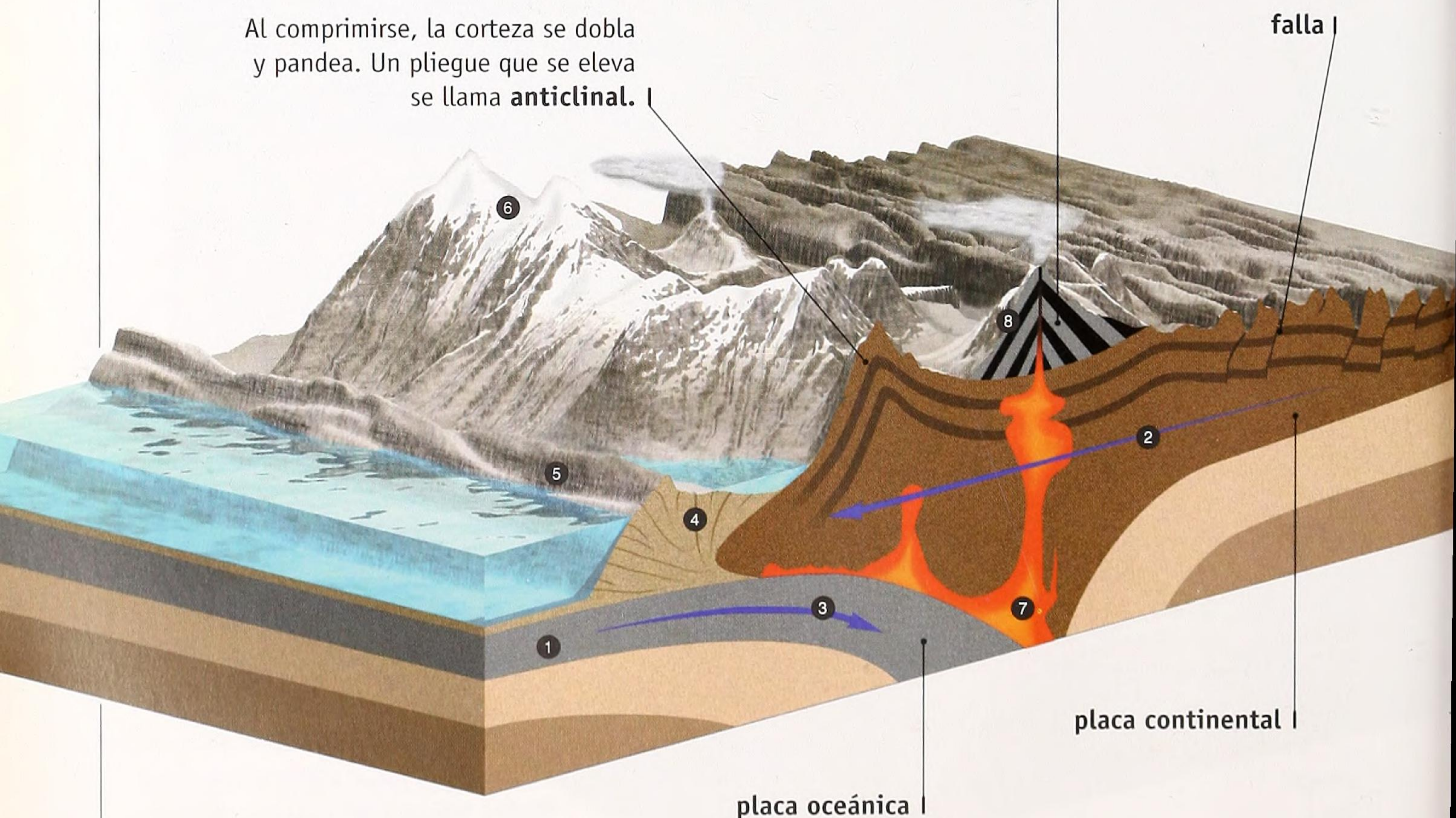
La elevación del relieve, o levantamiento, es el resultado de un proceso complejo: una sola cadena montañosa se puede componer de rocas metamórficas, remanentes de corteza oceánica y rocas volcánicas. Estos diferentes tipos de roca generalmente están acomodados en estratos, que se han doblado, revertido o incluso dislocado a lo largo de líneas de fallas. El descubrimiento de la tectónica de placas ha permitido dar grandes pasos en nuestro entendimiento de la orogénesis (el proceso de formación de montañas). De hecho, la mayoría de las montañas son el resultado del movimiento de placas oceánicas y continentales.

## ENTRE OCÉANO Y CONTINENTE

Cuando una placa oceánica ① choca con un continente ②, se desliza ③ bajo la placa continental. Sedimentos oceánicos se desprenden como resultado de este contacto acumulado en una cuña de acumulación ④. Al hundirse la placa oceánica, la cuña de acumulación incrementa en volumen; a veces se eleva bastante por encima del nivel del mar y forma montañas costeras ⑤. La placa continental, sujeta a fuerzas considerables, se dobla y pandea, dando lugar a una cadena de montañas de subducción ⑥. Cuando la placa oceánica llega al manto, sus rocas se derriten y se convierten en magma ⑦. Estas rocas derretidas a veces llegan a la superficie y son arrojadas por volcanes ⑧.

Los **volcanes**, formados por capas sucesivas de ceniza, lava endurecida y piroclastos arrojados en erupciones repetidas, a menudo forman montañas muy altas.

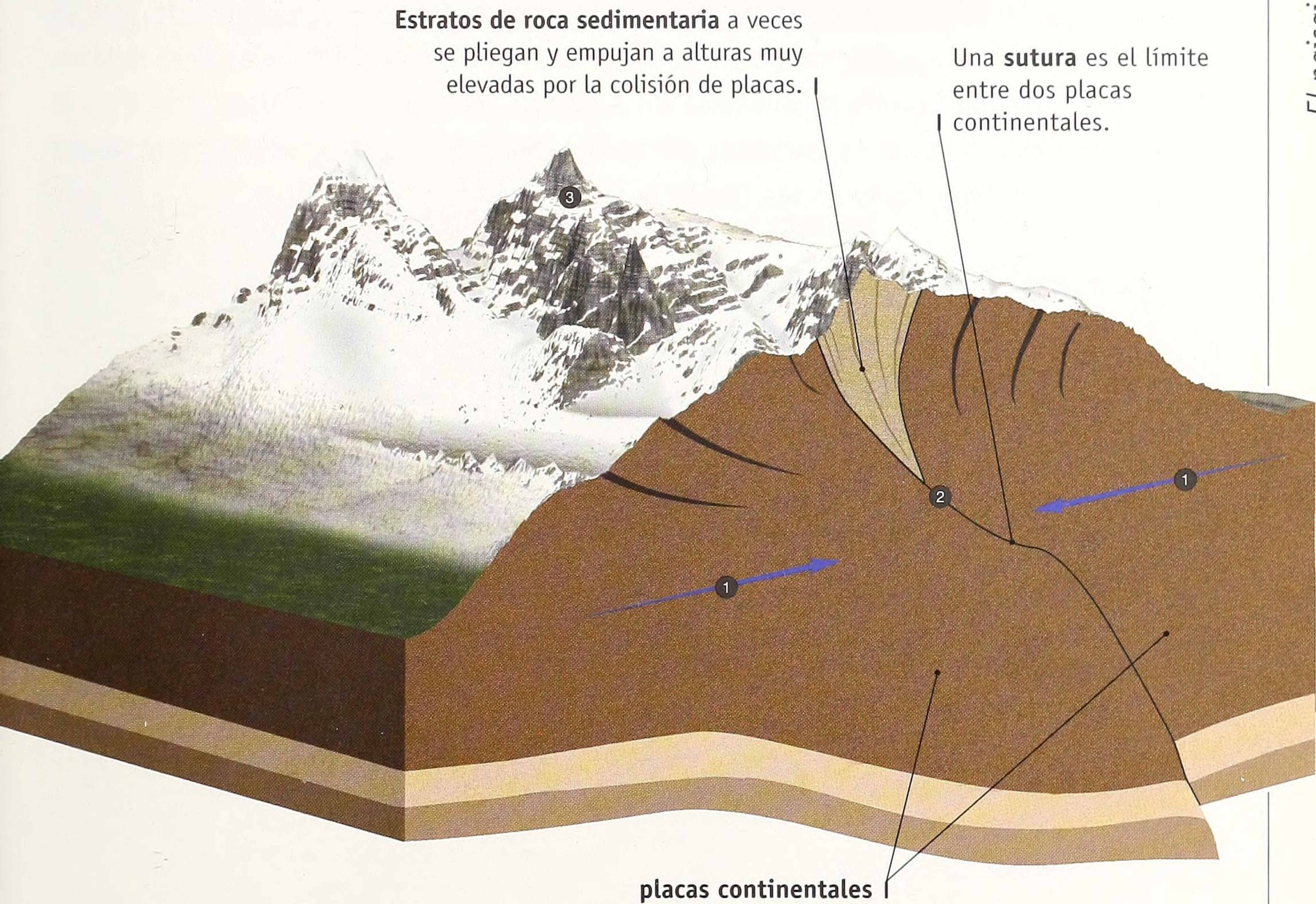
Al comprimirse, la corteza se dobla y pandea. Un pliegue que se eleva se llama **anticlinal**.





CUANDO LOS CONTINENTES CHOCAN

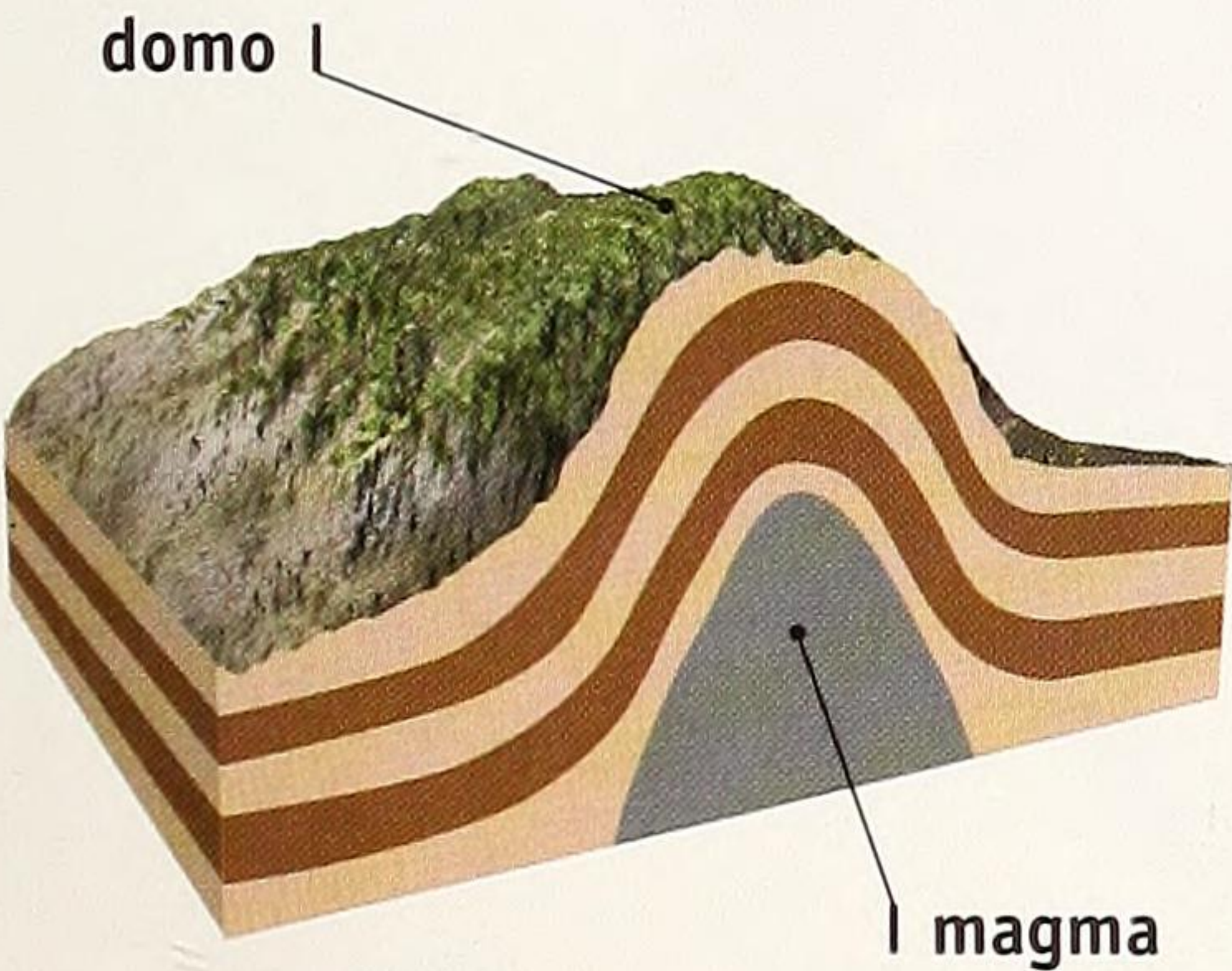
La colisión entre dos placas continentales causa tales presiones que son perturbaciones geológicas mayores. Una colisión de este tipo hace 53 millones de años, dio lugar a los Himalaya, la cadena montañosa más grande del mundo. Cuando dos placas continentales ❶ entran en contacto, presionan una en la otra ❷ y se empalman. Los lechos de roca levantados por este movimiento se pliegan y forman una cadena de colisión de montañas ❸.



Estratos de roca sedimentaria a veces se pliegan y empujan a alturas muy elevadas por la colisión de placas.

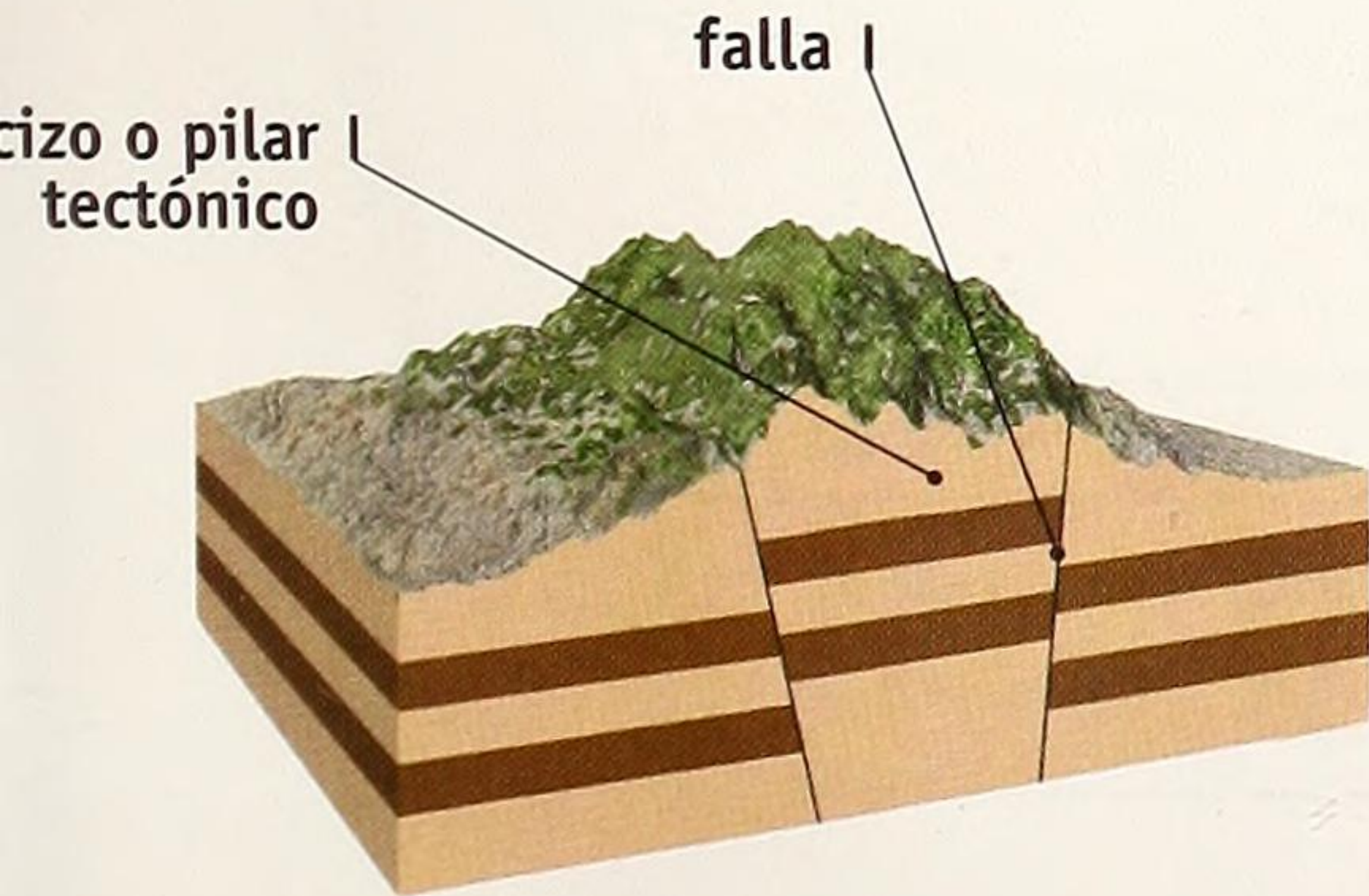
Una **sutura** es el límite entre dos placas continentales.

placas continentales



MONTAÑAS DE DOMO

El magma que sube a la superficie de la Tierra se acumula en cámaras magmáticas gigantes. Si la roca derretida no es arrojada por una erupción volcánica, eleva los estratos de roca en la superficie y forma domos.



MACIZOS TECTÓNICOS

La tensión y presión ejercida por las placas puede causar fallas, a lo largo de las que se deslizan bloques de roca que salen de su lugar. Los macizos tectónicos, también conocidos como horsts, son bloques elevados. A veces son tan grandes como montañas.



# Montañas del mundo

*Evidencia de la actividad tectónica*

El aspecto de una montaña depende mucho de su edad. Las cadenas montañosas más jóvenes del planeta (Alpes, Himalayas, Rocosas, Andes y Cáucaso) tienen un relieve muy marcado, con pronunciadas pendientes y picos agudos. La mayoría de estas montañas no ha terminado de elevarse, mientras el lento movimiento de placas tectónicas continúa deformando el paisaje. Las montañas más viejas (los Urales, Apalaches, la Gran Cordillera Divisoria de Australia, las Montañas Drakensberg) son menos abruptas: han sido suavizadas por la erosión, que ha tomado materiales de las laderas y lo ha depositado en las tierras bajas.



## MONTAÑAS VIEJAS

Formados hace más de 300 millones de años, los **Apalaches** están entre las montañas más viejas del mundo. Su relieve muestra el lento progreso de la erosión por hielo, viento y agua, que ha suavizado los ángulos de cumbres y laderas.

Las **Rocosas** fueron elevadas por subducción a lo largo de la costa oeste de Norteamérica. Están bordeadas por la cadena costera que es el resultado de la elevación de la cuña de acumulación.

La **Sierra Nevada** está formada por bloques de montañas de macizos tectónicos.

Los **Andes** son la cadena montañosa más larga del mundo: Se extiende casi 8,000 km de norte a sur. La parte sur (Chile, Argentina), que contiene los picos más altos de la cadena, se formó por subducción de la placa del Pacífico bajo Sudamérica.

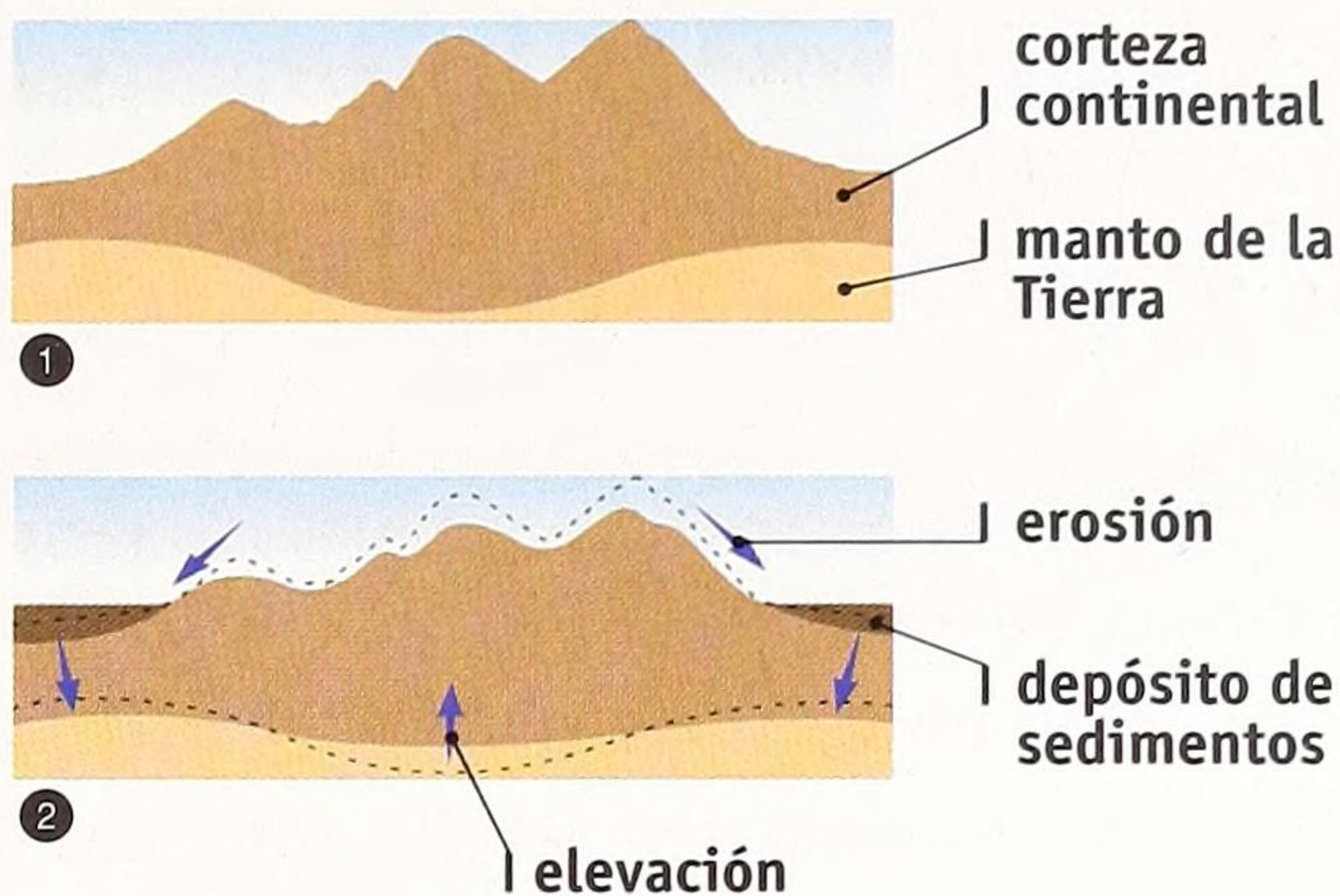


| TIPOS DE MONTAÑAS                                                                     |                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
|  | montañas viejas  |
|  | montañas jóvenes |



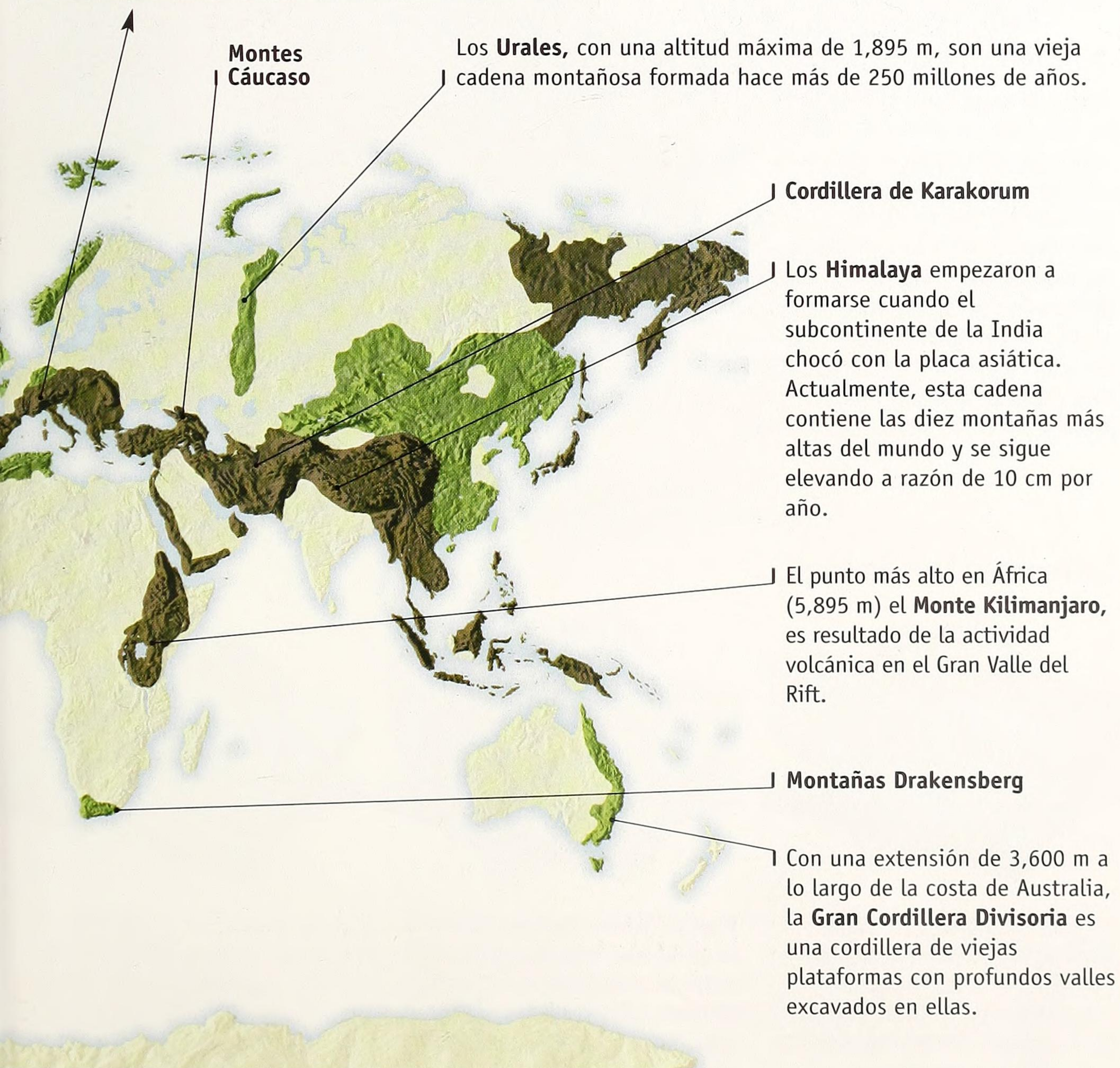
## MONTAÑAS EN EQUILIBRIO

Mientras más alta sea una montaña, más profundas se extienden sus raíces en el manto de la Tierra ①. Al erosionarse, su masa disminuye. Como un barco cuya línea de agua sube cuando la carga se quita, la montaña se eleva. Al mismo tiempo, acumulaciones de depósitos sedimentarios alrededor de la montaña, presionan a la corteza para que se hunda en el manto ②. Este efecto de compensación se llama isostasia.



## MONTAÑAS JÓVENES

Las altas cumbres y profundas pendientes de los **Alpes** son evidencia de la juventud de esta cadena montañosa. Su abrupto relieve se produjo probablemente hace 50 millones de años, cuando la placa euroasiática chocó con la placa africana.





# Configuración de las costas

*Entre la tierra y el mar*

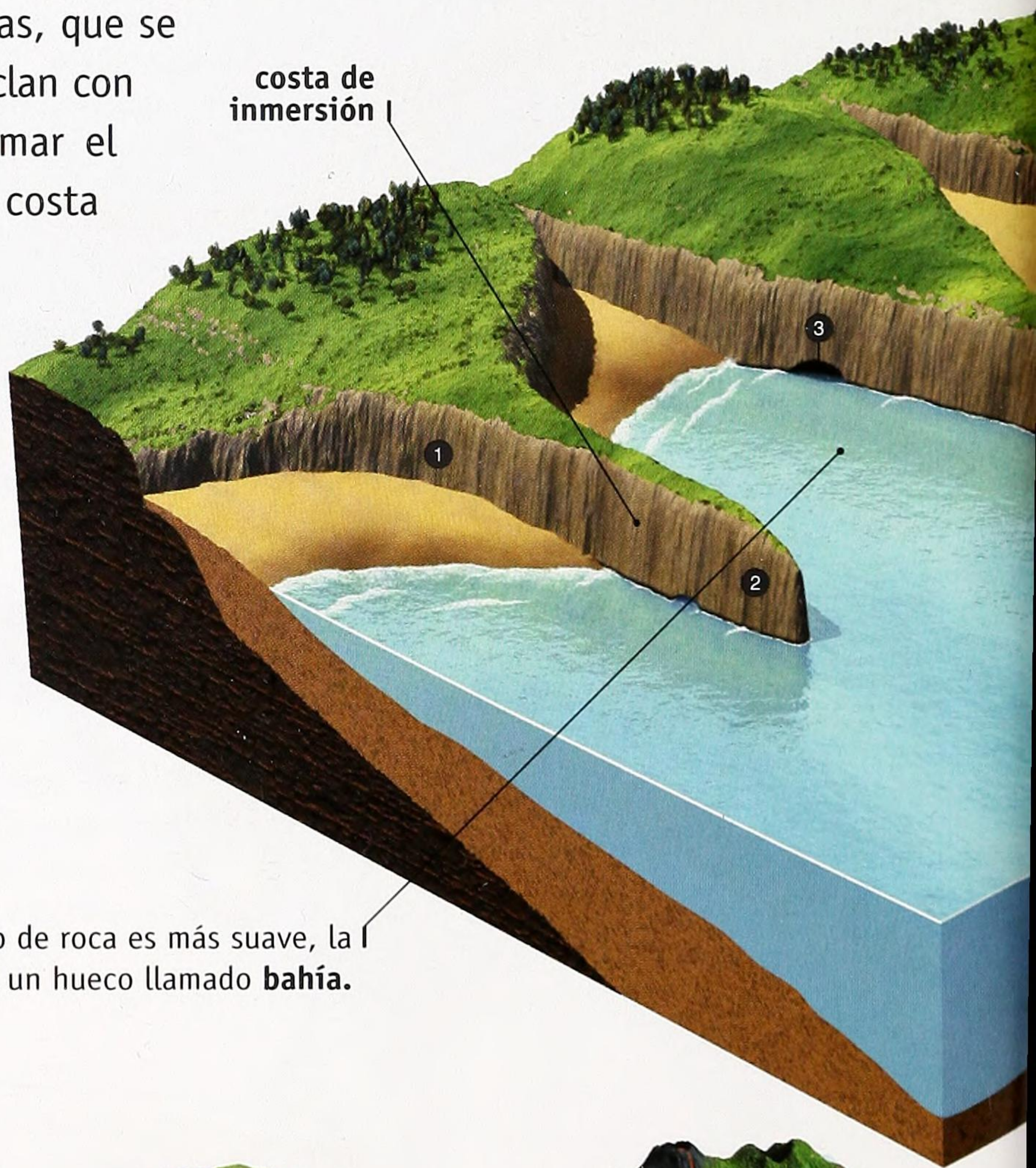
La zona litoral es el área costera entre los niveles de marea alta y marea baja. Las costas están en continua transformación debido a la constante acción del mar, los ríos y el viento. Toman una amplia variedad de formas, dependiendo de la naturaleza geológica de la costa.

Existen dos tipos de costa. Una costa de inmersión es erosionada por olas, que golpean sus arrecifes rocosos con fuerza considerable (3 toneladas por m<sup>3</sup>, y hasta 50 toneladas por m<sup>3</sup> durante tormentas). Las rocas separadas de la costa gradualmente quedan reducidas a partículas más finas, que se depositan en la costa y se mezclan con sedimentos fluviales para formar el otro tipo de zona litoral, una costa acumulativa de progradación.

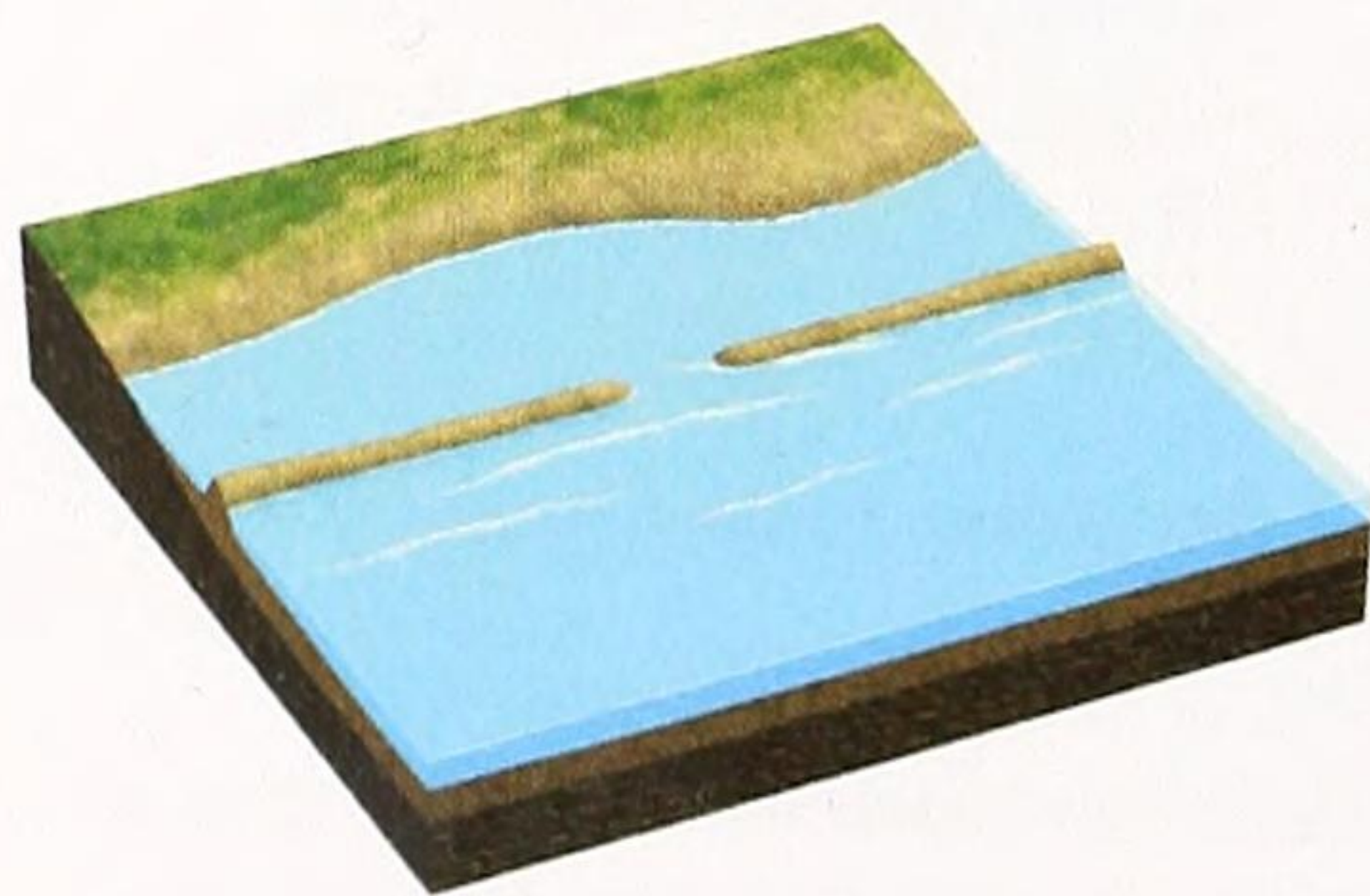
## DE ACANTILADO A ARRECIFE

Dependiendo del tipo de roca que estén hechas, algunas partes de la costa se erosionan más rápido que otras. Por ejemplo, los acantilados ① que sobresalen al mar desde los cabos ②. El agua esculpe esta área expuesta y transforma una grieta en una cueva ③. Cuando dos cuevas se juntan en alguno de los lados del cabo, crean un arco ④. Al desplomarse, el arco deja una aguja ⑤, que más tarde se transforma en un islote o arrecife ⑥.

Cuando el lecho de roca es más suave, la costa forma un hueco llamado **bahía**.



## DIFERENTES TIPOS DE COSTA



La **barrera de playa** (o isla de barrera) es una barra de arena paralela a la costa que puede medir desde pocos hasta docenas de kilómetros. Entre la barrera y la costa se forma una laguna.



**Fiordos** (fiordo significa "brazo largo de mar" en noruego) son valles excavados hace mucho por glaciares, luego invadidos por el agua. Se encuentran en abundancia en la costa de Noruega.

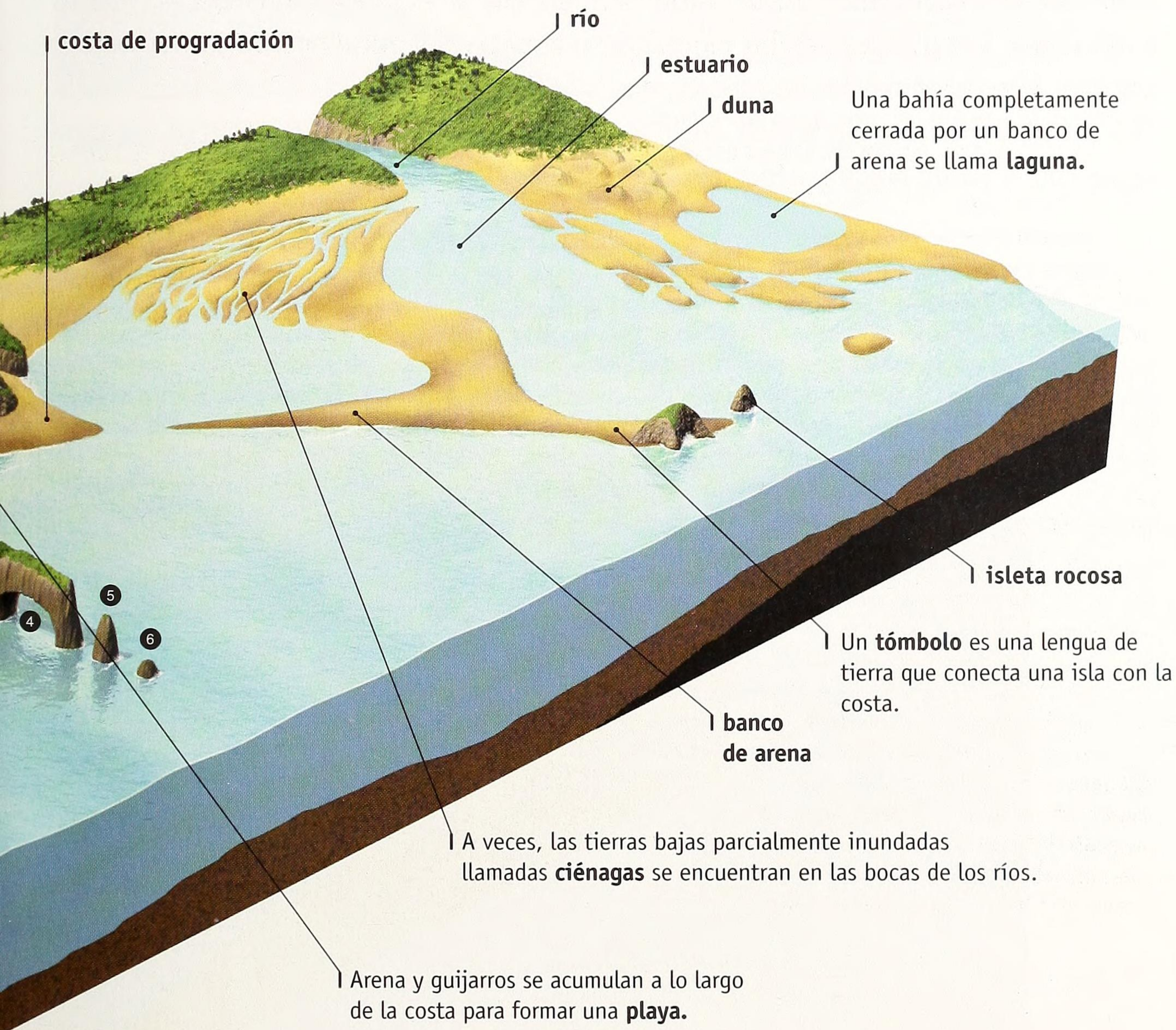
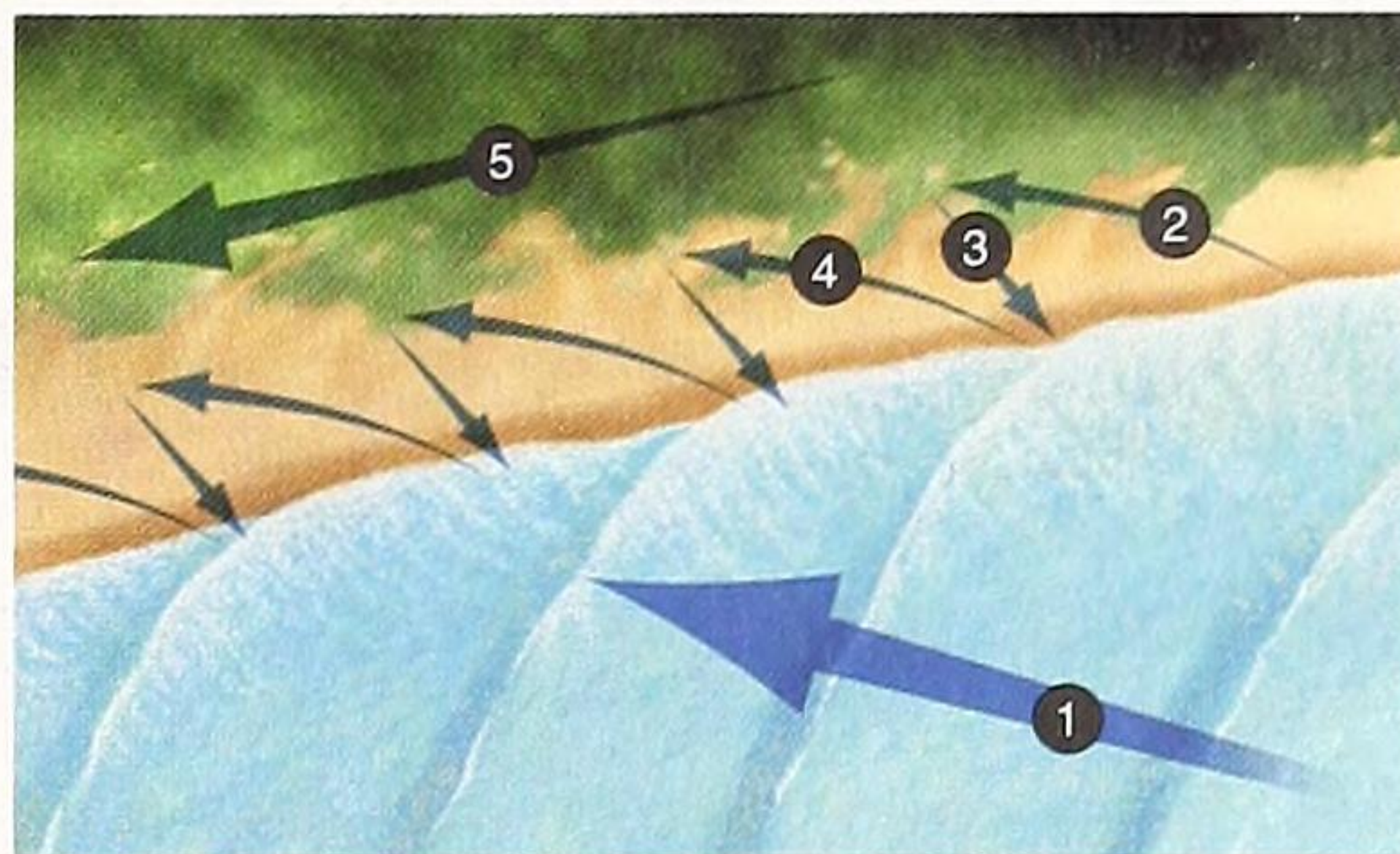


Algunas costas son el resultado de erupciones volcánicas. El arrecife de coral, o **atolón**, que se forma alrededor de una isla volcánica, tiene forma de anillo rodeando una laguna.

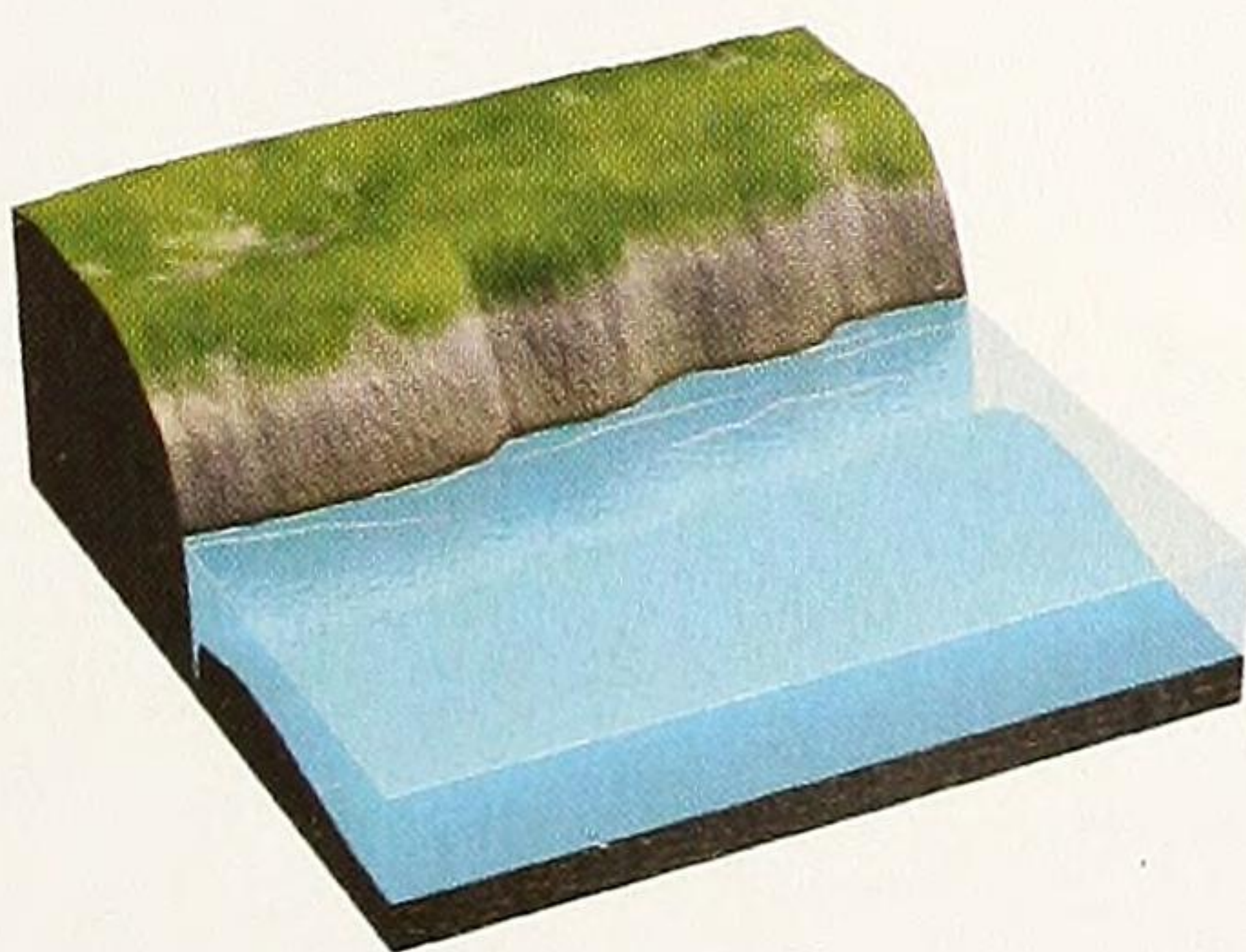


## DERIVA COSTERA

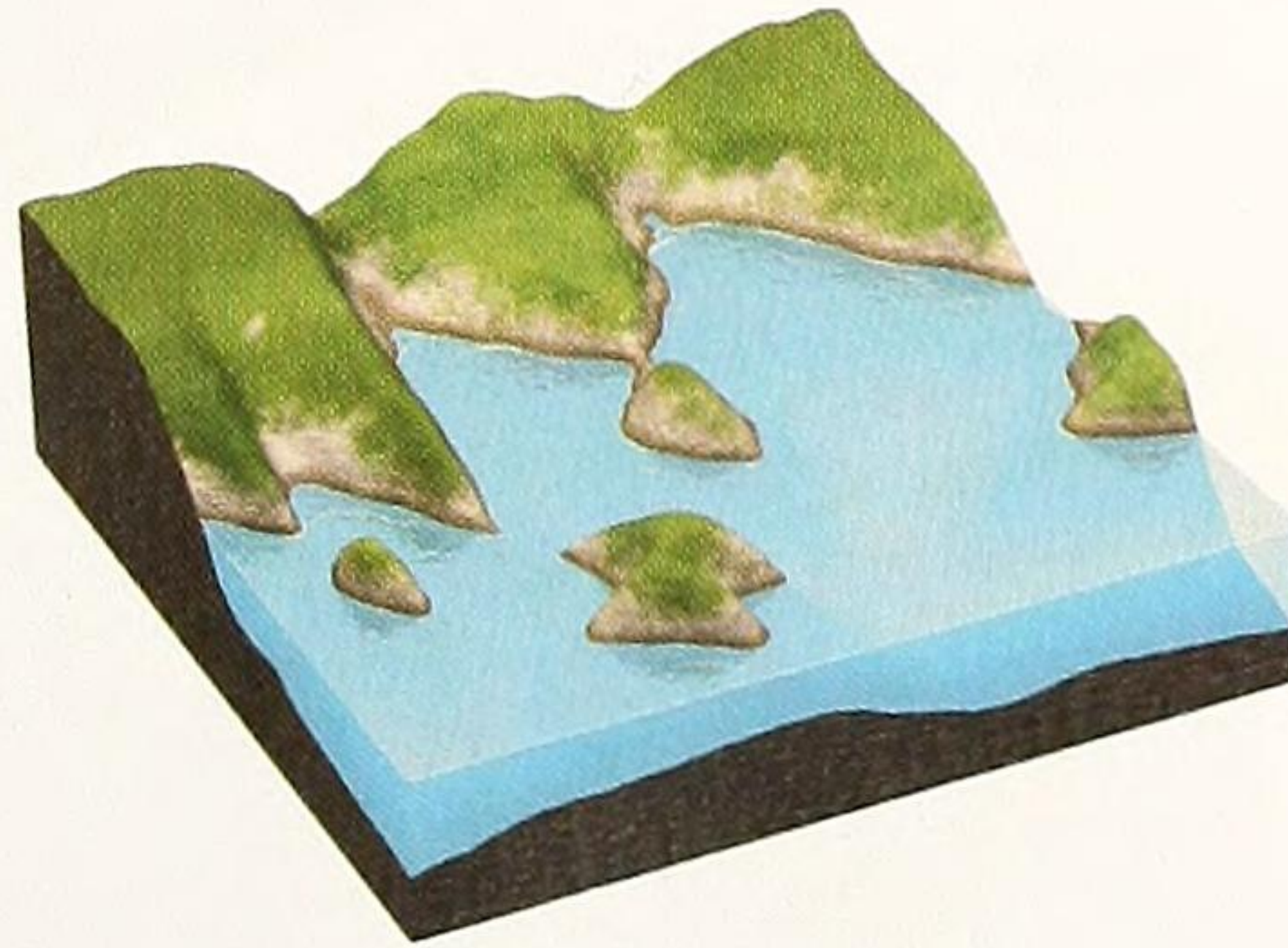
Los granos de arena y guijarros que se depositan en la costa no se quedan inmóviles. Los mueven las olas ①, que los avientan oblicuamente a lo largo de la costa ②, luego los dejan caer perpendicularmente a la costa durante la resaca ③, luego se los vuelven a llevar en línea diagonal ④. Este patrón de movimiento, en zigzag, llamado deriva costera, finalmente crea una serie de distintos depósitos sedimentarios ⑤.



Los **deltas** se forman en las bocas de los ríos. Resultan de la acumulación de depósitos de sedimentos arrastrados por ríos que fluyen al mar.



Acontecimientos geológicos a veces han modificado la costa produciendo fallas. Este es el caso de algunos **acantilados costeros** formados por fallas tectónicas.



Un valle fluvial sumergido después de una elevación en el nivel del mar o un hundimiento de tierra forma un grupo de ensenadas llamadas **rías**.



# Los glaciares

Ríos de hielo

Todas las regiones de nieves eternas, no importa que se encuentren cerca de los polos o en la cumbre de altas montañas y en qué latitud se hallen, tienen glaciares. Efectivamente, casi el 10% de las tierras emergidas (sobre todo en Antártica y en Groenlandia) están cubiertas por masas de hielo que se desplazan por la acción de su propio peso. Los glaciares de las montañas, que tienen varios kilómetros de anchura y algunas decenas de metros de espesor, descienden los valles a una velocidad que va de 100 a 200 m por año. Su acción erosiva transforma los paisajes, crea circos, esculpe valles con el fondo plano y deposita gran cantidad de rocas.

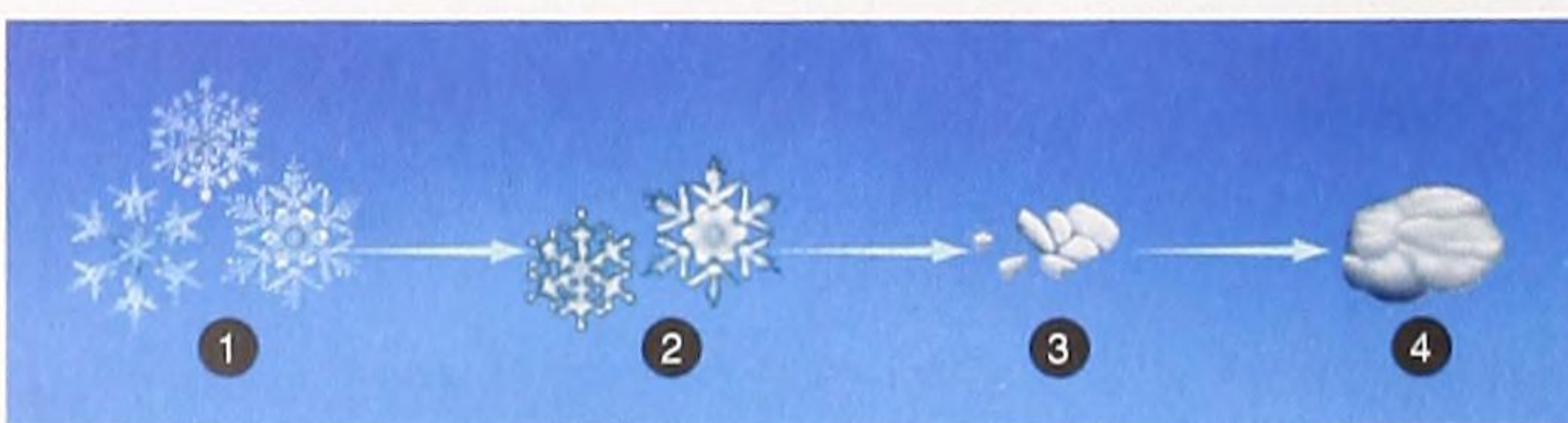
Desprendiéndose de la pared rocosa, el glaciar deja ver una profunda "crevasse" o grieta glaciar paralela a la pared, la **rimaya**.

El glaciar principal es a menudo alimentado por **glaciares tributarios**.

Una **morrena mediana** se forma en el lugar donde se encuentran dos lenguas glaciares

**glaciar principal.**

El valle glaciar a veces se estrecha para formar un **cerrojo**, que también se caracteriza por un relieve rocoso transversal.



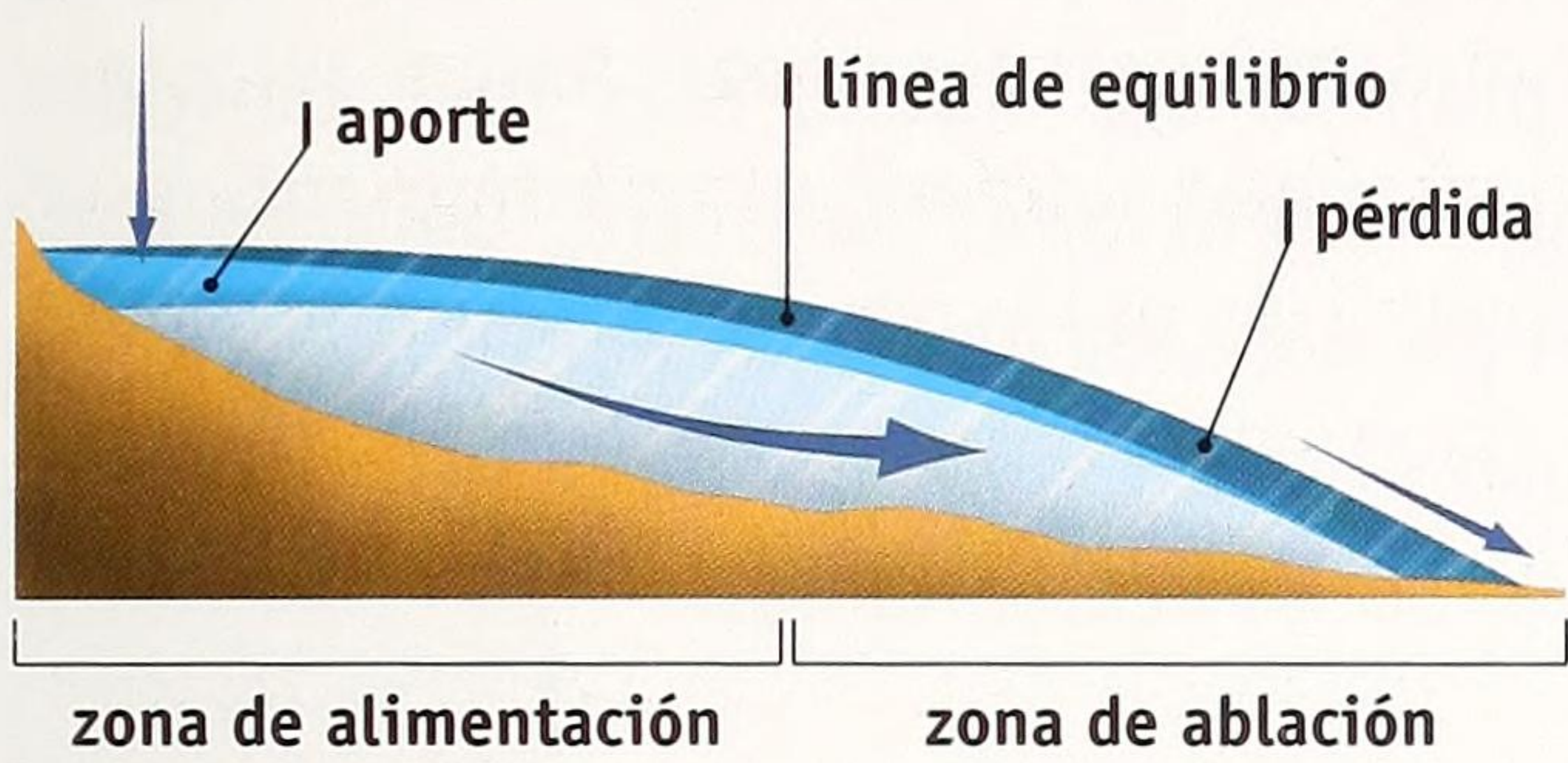
## DE LA NIEVE AL HIELO

Los copos de nieve acumulados, a causa de la presión, ① eliminan el aire del que están compuestos y se hacen más densos ②. Las bajas temperaturas favorecen la nueva helada de los cristales fundidos en superficie, que se aglomeran ③ y acaban por transformarse en auténtico hielo ④. Esta metamorfosis tarda varios años (hasta 3,500 años en el Antártico) en completarse.



UN EQUILIBRIO ENTRE LAS PRECIPITACIONES Y LA FUENTE

Todos los glaciares están compuestos por dos zonas consecutivas: la zona de alimentación, situada en la parte superior, y la zona de ablación en la parte inferior. La línea de equilibrio, que separa las dos regiones, se puede ver claramente al final del verano, cuando la zona alta del glaciar se encuentra recubierta por



nieve blanca y fresca, mientras que su parte inferior está constituida por nieve vieja de color más oscuro. En los Alpes, esta línea se coloca a 3,000 m de altitud, pero es mucho más alta en el Himalaya y en los Andes

El equilibrio del glaciar se obtiene cuando el aporte de nieve nueva en la zona de alimentación compensa las pérdidas en la zona de ablación. Cuando este equilibrio se rompe, se habla de retroceso o avance del glaciar.

LA EVOLUCIÓN DE UN GLACIAR DE VALLE

Un glaciar nace en un circo glaciar ❶, cuando la nieve acumulada, compactada y transformada en hielo se derrama ❷ a lo largo de la ladera. Arrastrado por la gravedad, invade el valle. Descendiendo, el glaciar erosiona el suelo arrancando rocas y residuos ❸, que arrastra bajo su masa y acentúan la abrasión. Estas fricciones aminoran la base del glaciar, mientras que la superficie avanza más rápidamente y se deforma creando grietas glaciares ❹. A lo largo de su descenso, el glaciar principal es a menudo alcanzado por glaciares tributarios ❺. Cuando llega a una altitud en donde la temperatura es más elevada, la frente del glaciar se funde ❻, y libera los residuos de rocas que se depositan formando morrenas ❼. El agua de la fuente mana y a veces se acumula en lagos ❽ allí donde la morrena ha formado barreras.

Los glaciares suspendidos tienen la particularidad de permanecer en sus circos.

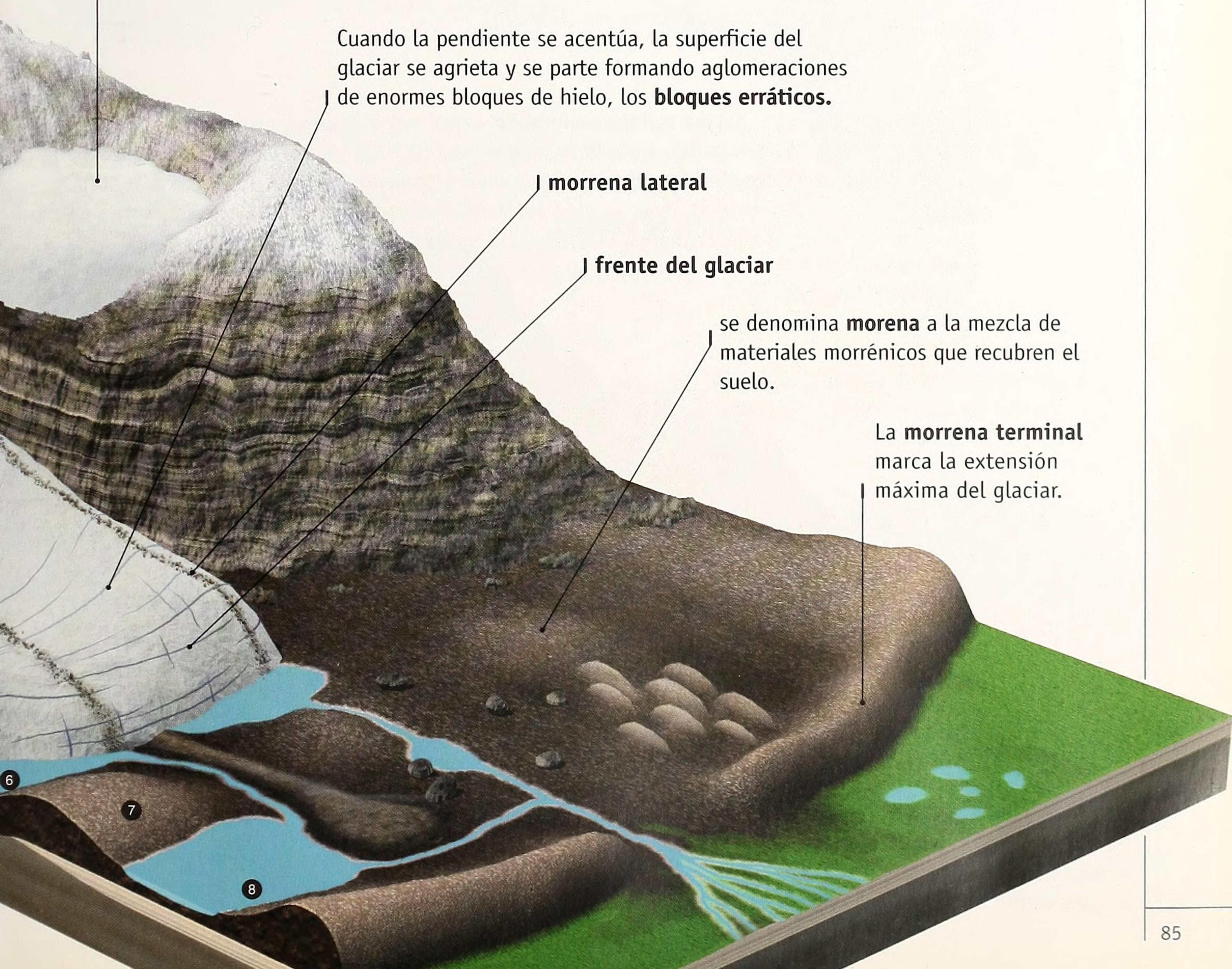
Quando la pendiente se acentúa, la superficie del glaciar se agrieta y se parte formando aglomeraciones de enormes bloques de hielo, los **bloques erráticos**.

morrena lateral

frente del glaciar

se denomina **morena** a la mezcla de materiales morrénicos que recubren el suelo.

La **morrena terminal** marca la extensión máxima del glaciar.





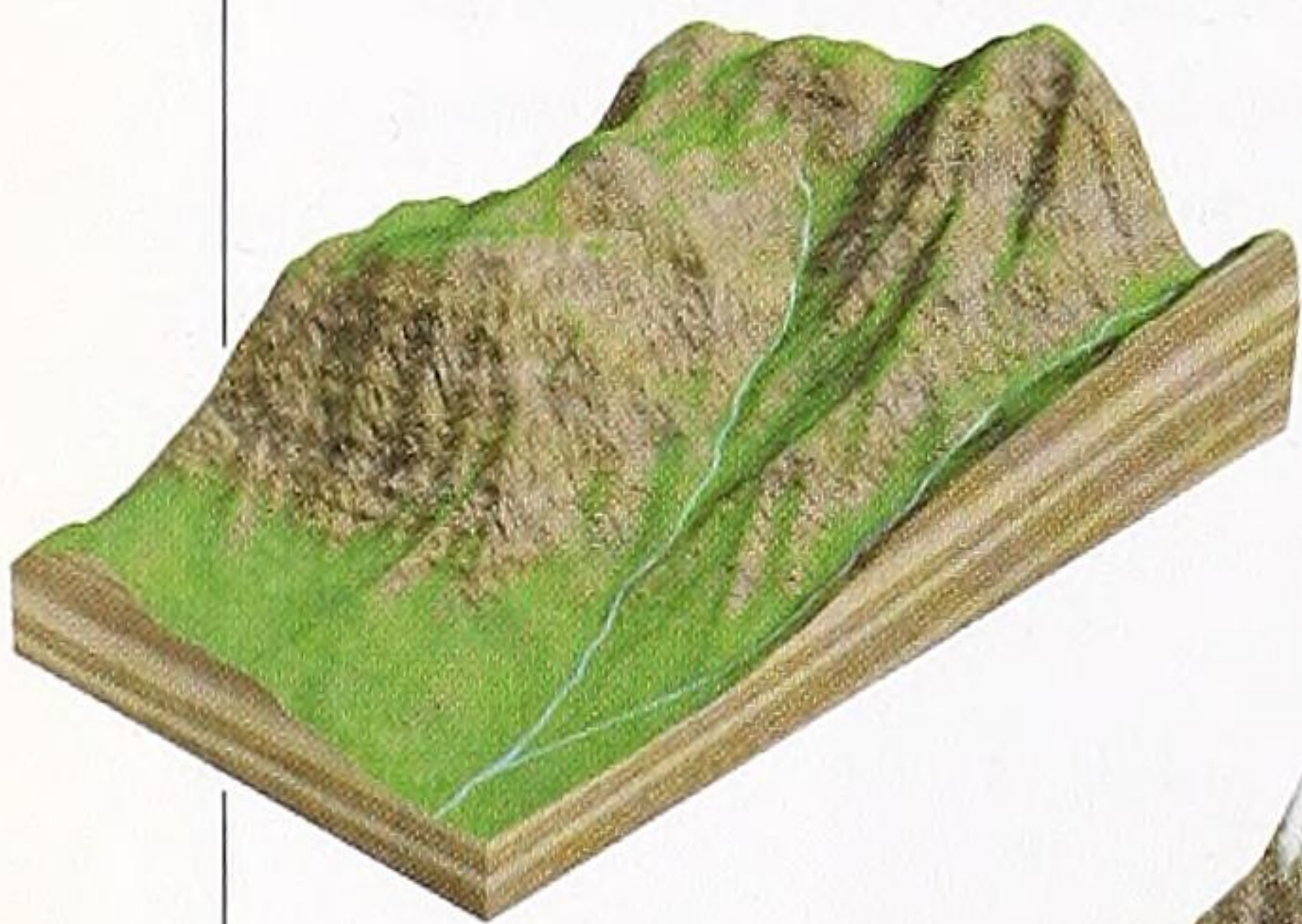
# Erosión glacial

*Cómo transforman los glaciares el paisaje*

Los glaciares son mucho menos prominentes hoy de lo que fueron hace miles de años. En eras en las que el clima del planeta era mucho más frío, periodos llamados edades de hielo, cubrían grandes extensiones de tierra. Durante cada una de las edades de hielo de la Tierra, el paso de los glaciares dejó una marca indeleble en el paisaje. Incluso ahora, estos ríos de hielo están formando montañas y cavando valles, creando nuevas formas topográficas.

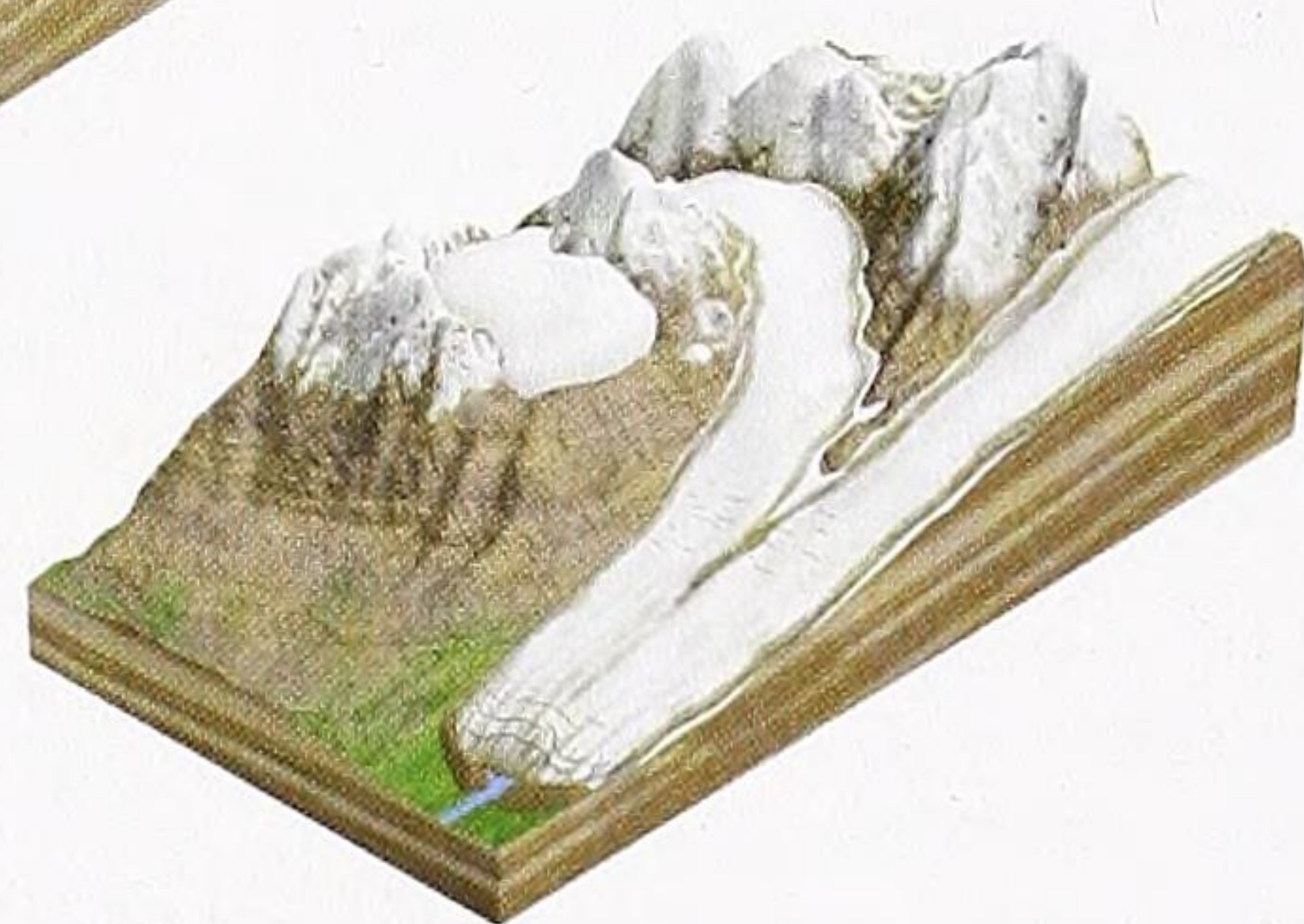


## TRANSFORMACIÓN DEL PAISAJE POR LOS GLACIARES



**ANTES**  
El paisaje se compone de valles en forma de V y colinas redondas.

Durante la **edad de hielo** del Pleistoceno, que terminó hace casi 10,000 años, el hielo cubría casi el 30% de la superficie de la Tierra, incluida casi la mitad de Europa y Norteamérica.



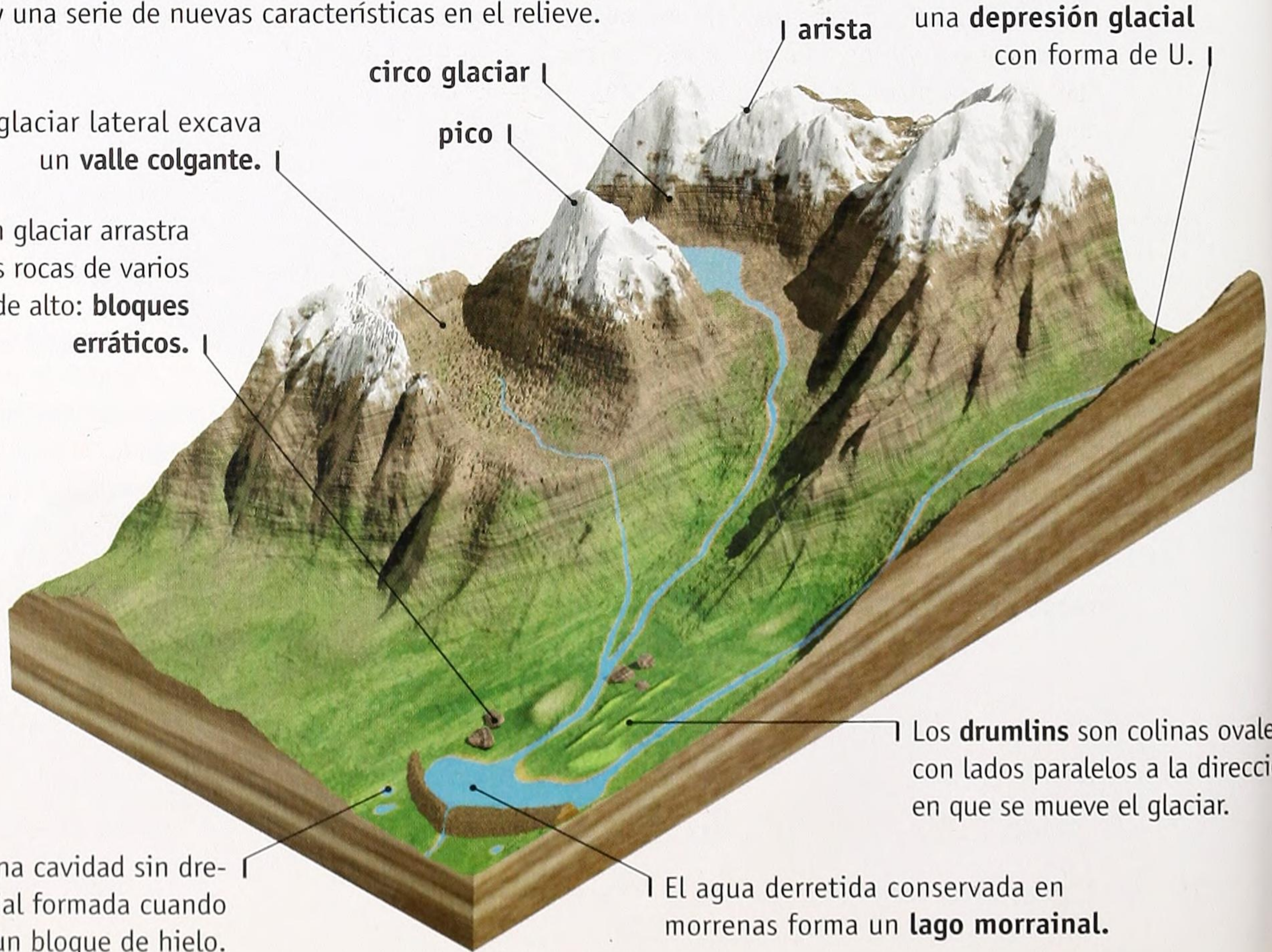
**DURANTE**  
Los glaciares avanzan hacia el valle, amasando grandes cantidades de rocas y detritos que raspan los lados y el fondo del valle.

## DESPUÉS

Una vez que el glaciar ha pasado, el paisaje se ha transformado considerablemente; el glaciar en retirada deja tras de sí un valle mucho más ancho y una serie de nuevas características en el relieve.

Un glaciar lateral excava un **valle colgante**.  
A veces, un glaciar arrastra enormes rocas de varios metros de alto: **bloques erráticos**.

El glaciar ha excavado una **depresión glacial** con forma de U.



**circo glaciar**  
**pico**

**arista**

Los **drumlins** son colinas ovales con lados paralelos a la dirección en que se mueve el glaciar.

Un **kettle** es una cavidad sin drenaje superficial formada cuando se derrite un bloque de hielo.

El agua derretida conservada en morrenas forma un **lago morrainal**.



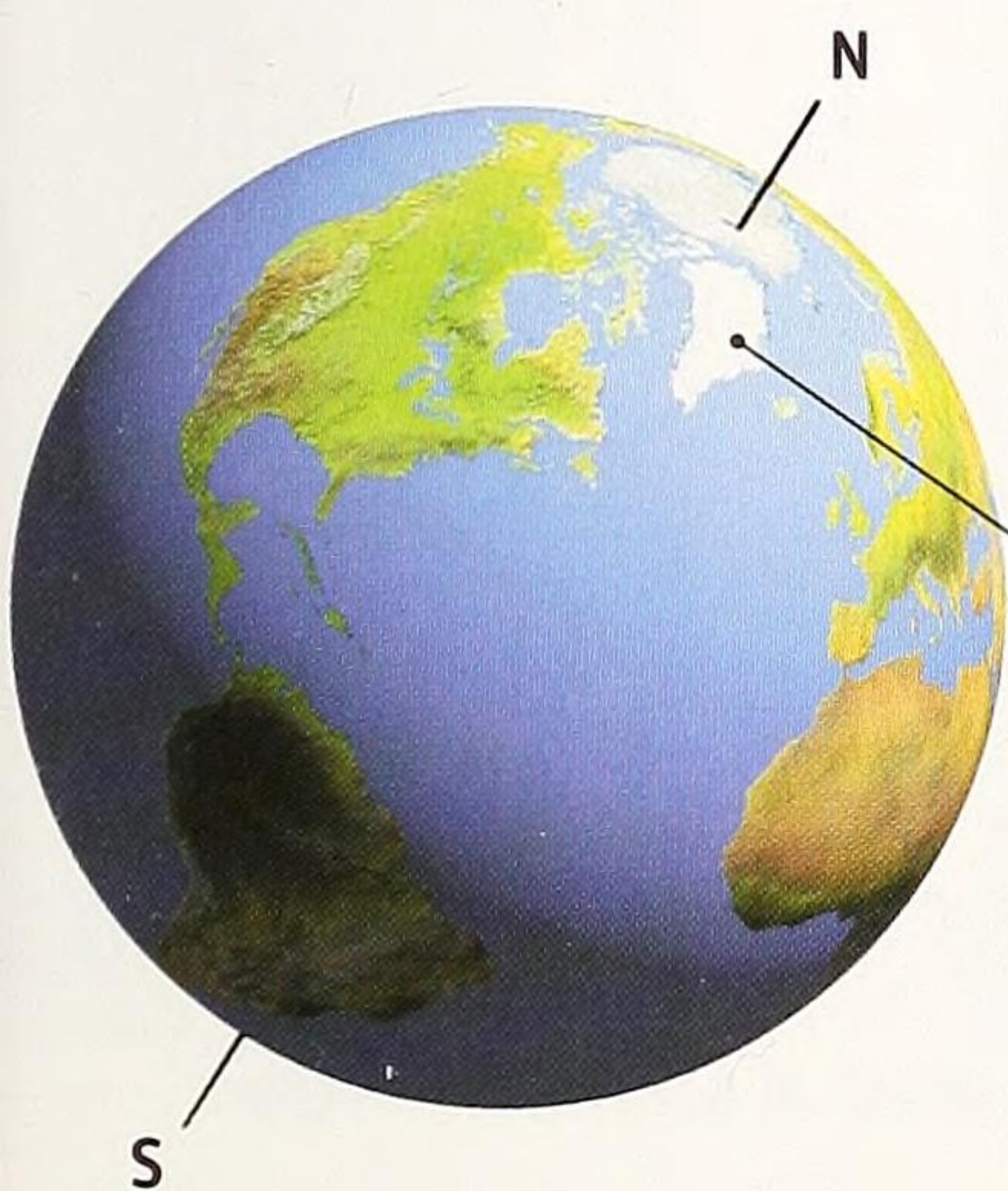
# Icebergs

## Glaciares a la deriva

En regiones frías, los glaciares avanzan hasta el mar sin derretirse. La fuerza de las olas y las mareas luego los fragmenta formando bloques gigantes de hielo flotante llamados icebergs; sólo una pequeña parte de un iceberg está sobre el agua. Impulsado por el viento y las corrientes oceánicas, los icebergs viajan miles de kilómetros, a veces flotando hasta los trópicos antes de derretirse en el mar bajo la acción combinada de olas, sal y los rayos del Sol.

### INLANDSIS

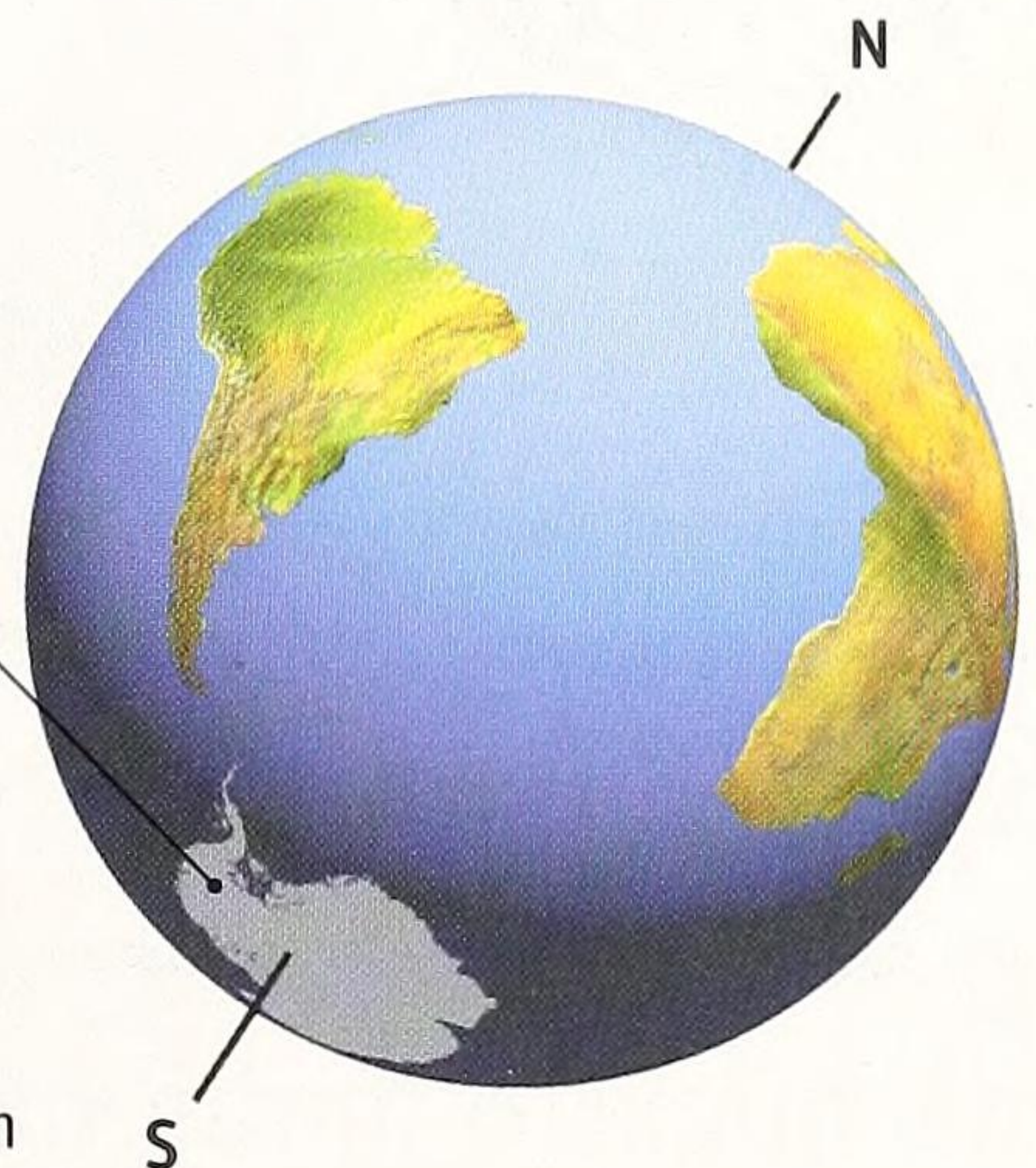
Los extensos glaciares continentales que cubren casi toda Groenlandia y Antártica se llaman inlandsis. Estas gruesas capas de hielo se mueven muy lentamente desde el centro de la tierra hacia la periferia, donde se rompen en icebergs en el océano.



El **inlandsis de Groenlandia** con un espesor promedio de 1.5 km, cubre un área de 1.7 millones de km<sup>2</sup>, u 80% de la isla. Cada año, esta inmensa capa de hielo produce entre 10,000 y 50,000 icebergs con un área promedio de 1.6 km<sup>2</sup> y una altura de 300 m. Algunos de ellos flotan tan lejos como las aguas tropicales cerca de Bermudas.

Inlandsis de Groenlandia

Inlandsis de Antártica



El **inlandsis de Antártica** que cubre 14 millones de km<sup>2</sup> y tiene un espesor máximo de 4.3 km, contiene el 91% del volumen de hielo del mundo. Esta considerable masa presiona el continente hacia abajo a varios cientos de kilómetros bajo el nivel del mar. Cada año, la placa de hielo produce casi 100,000 icebergs, que en general son diez veces más grandes que los del Ártico.

### DIFERENTES FORMAS DE ICEBERG

Los icebergs toman su nombre de la forma que tienen encima del nivel del agua. Los más comunes son los iceberg tabulares, largas placas que se desprenden del inlandsis antártico en grandes números.



iceberg tabular



iceberg domo



iceberg dique seco



iceberg pináculo



iceberg de bloque

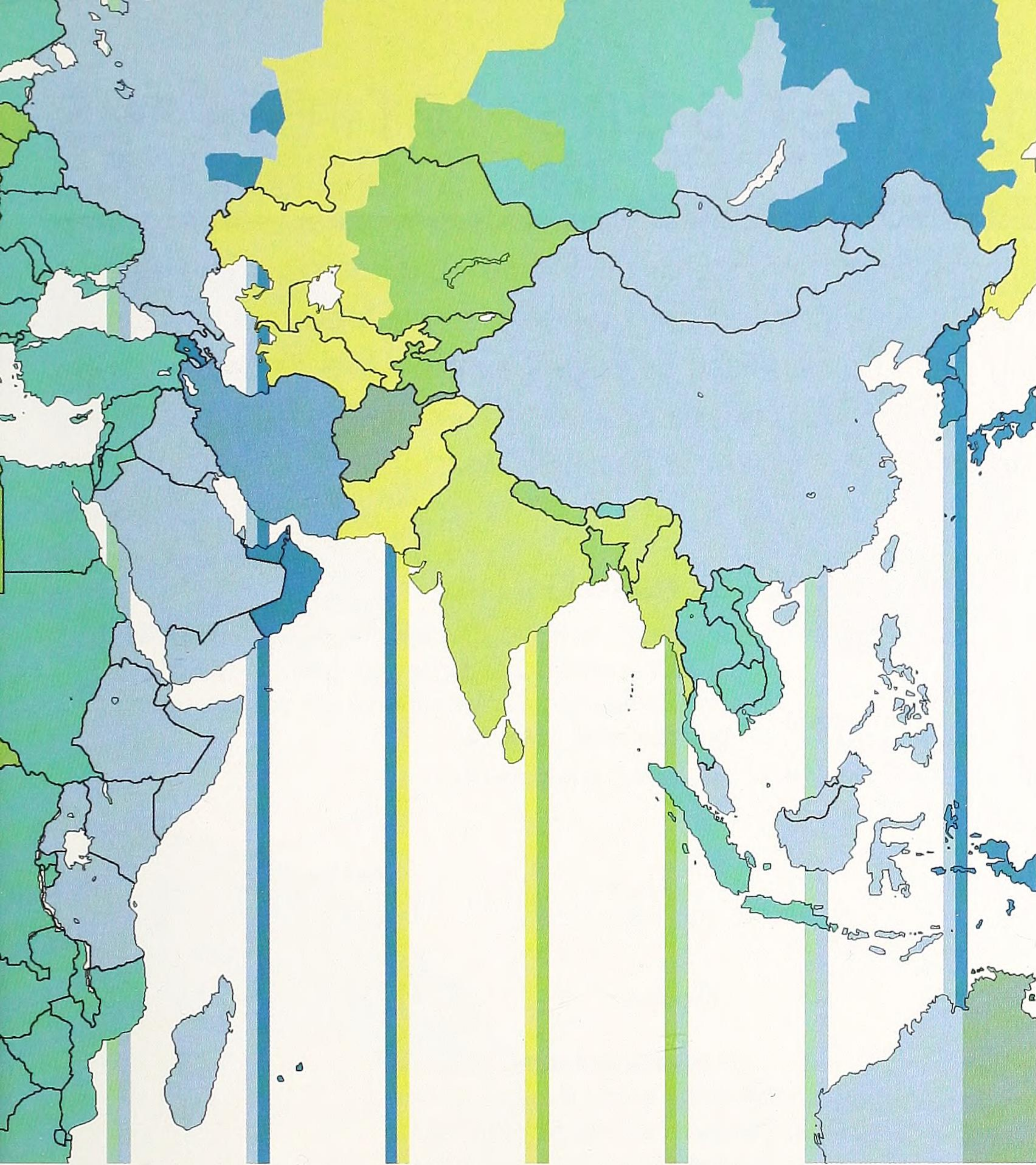


iceberg de cuña









# Representaciones de la Tierra

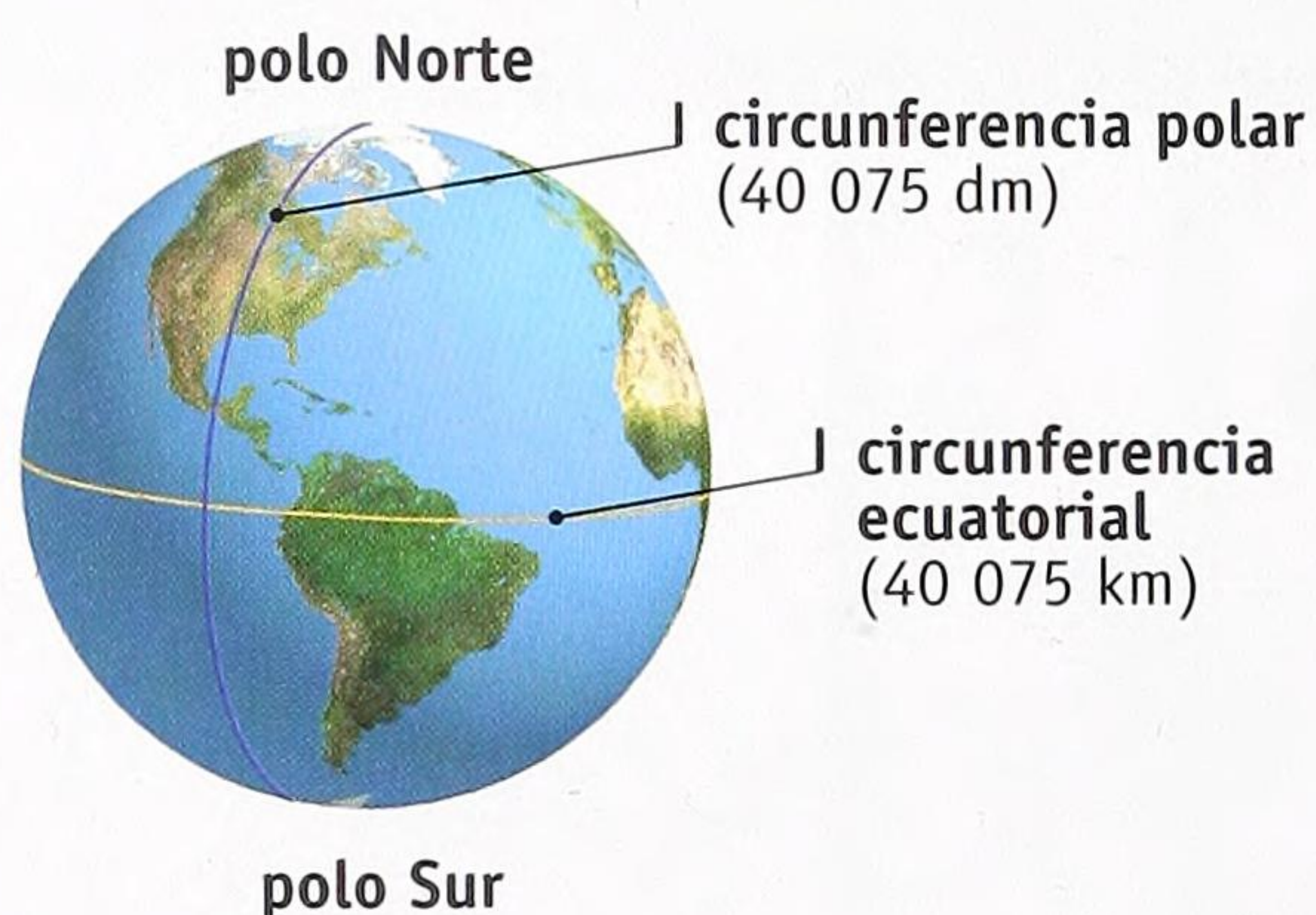
- 90 **Coordenadas terrestres**  
*Nuestra ubicación en la Tierra*
- 92 **Proyección cartográfica**  
*Representación de la Tierra en una superficie plana*
- 94 **Cartografía**  
*Un mundo plano*
- 96 **Convenciones cartográficas**  
*Herramientas para leer un mapa*
- 98 **Mapas físicos y topográficos**  
*La ilusión de relieve*
- 100 **Mapas temáticos**  
*Una variedad de aplicaciones*
- 102 **Detección remota**  
*La observación de la Tierra desde las alturas*
- 104 **Satélites y transbordadores**  
*Ojos en el espacio*
- 106 **Husos horarios**  
*El mundo en 24 horas*



# Las coordenadas terrestres

*Cómo orientarse sobre la Tierra*

Los geógrafos han concebido un sistema de coordenadas esféricas que permite localizar cualquier punto de la Tierra gracias a los ángulos que forma con el plano del ecuador (su latitud) y con un meridiano de origen, en general el de Greenwich (su longitud). La superficie terrestre puede de esta manera ser imaginada reticulada por líneas este-oeste (los paralelos) y norte-sur (los meridianos).



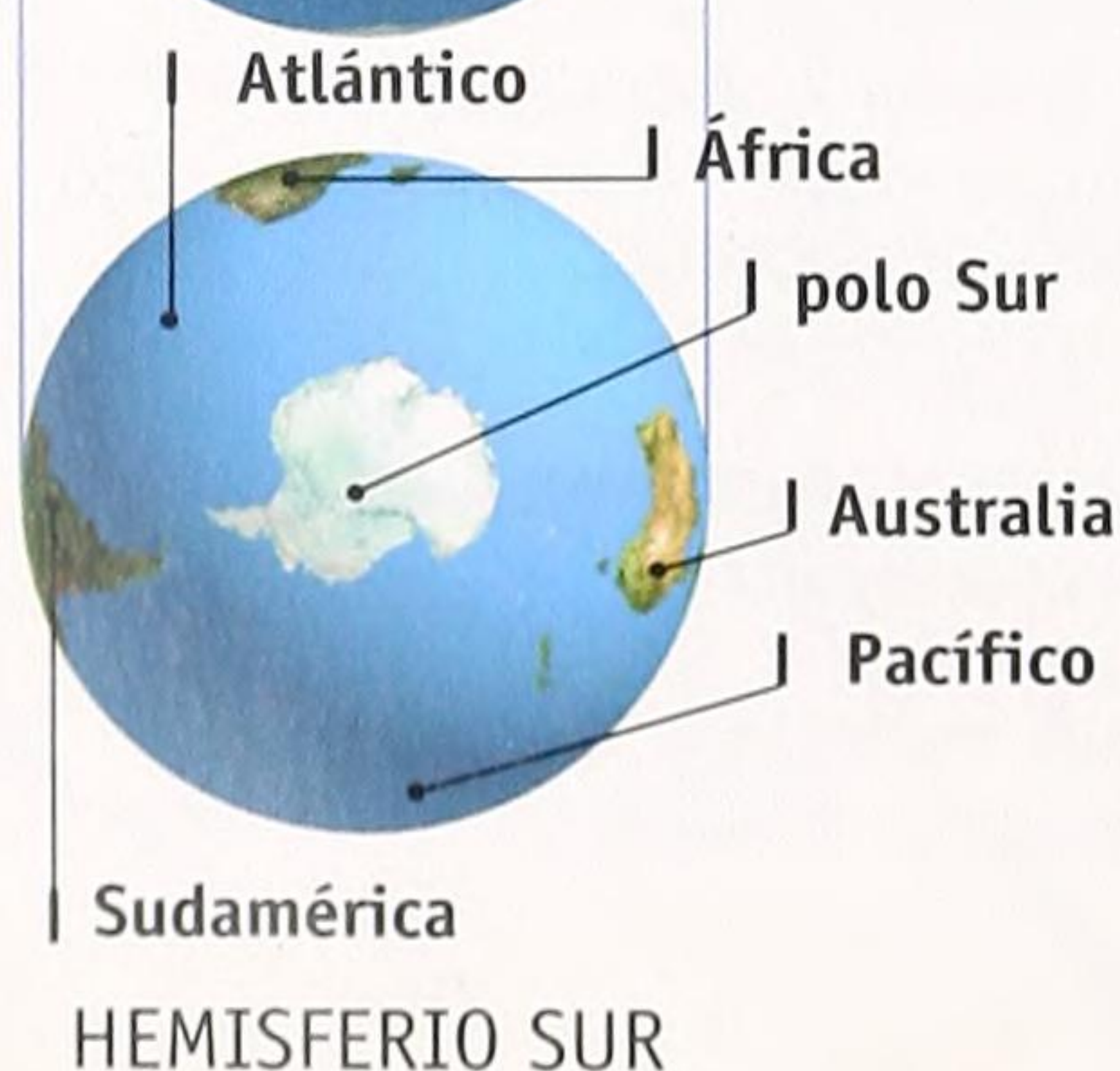
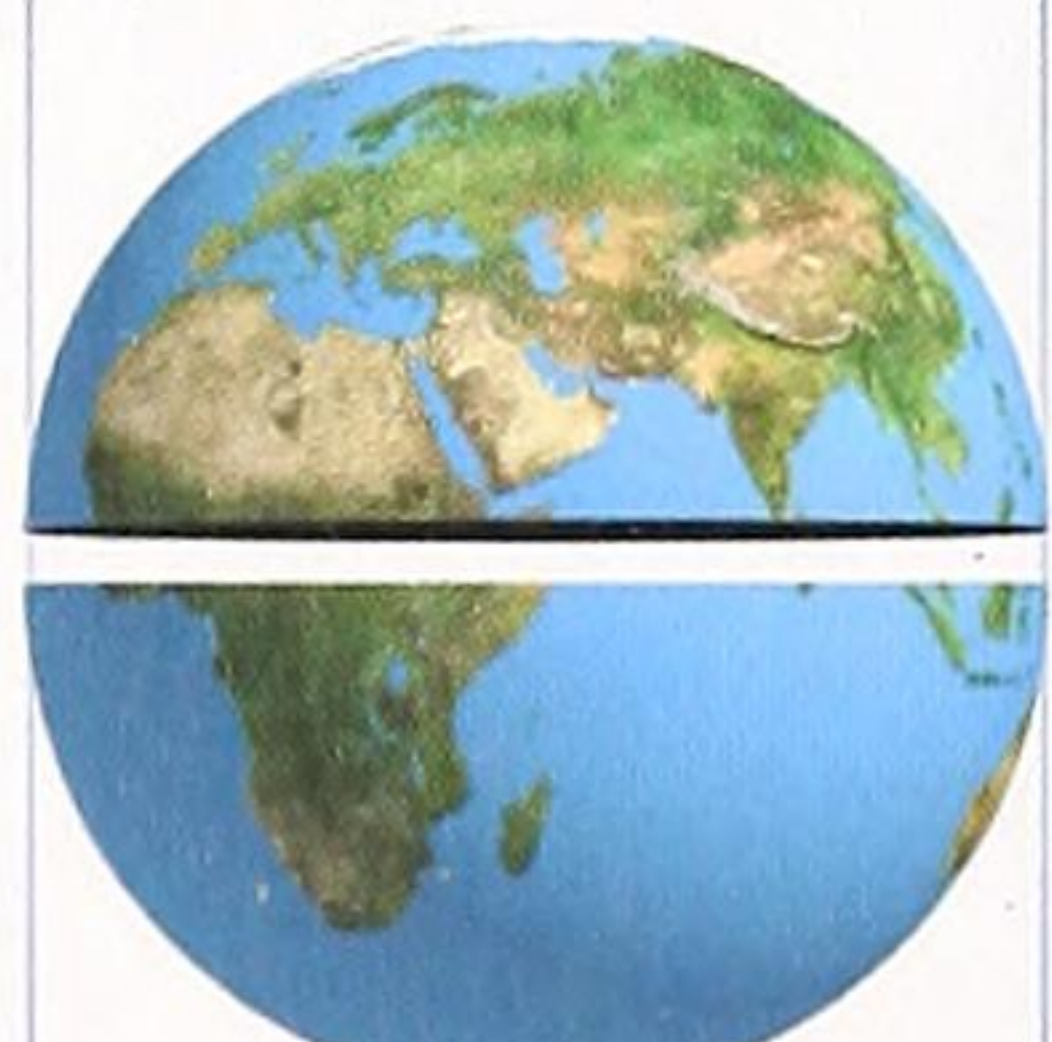
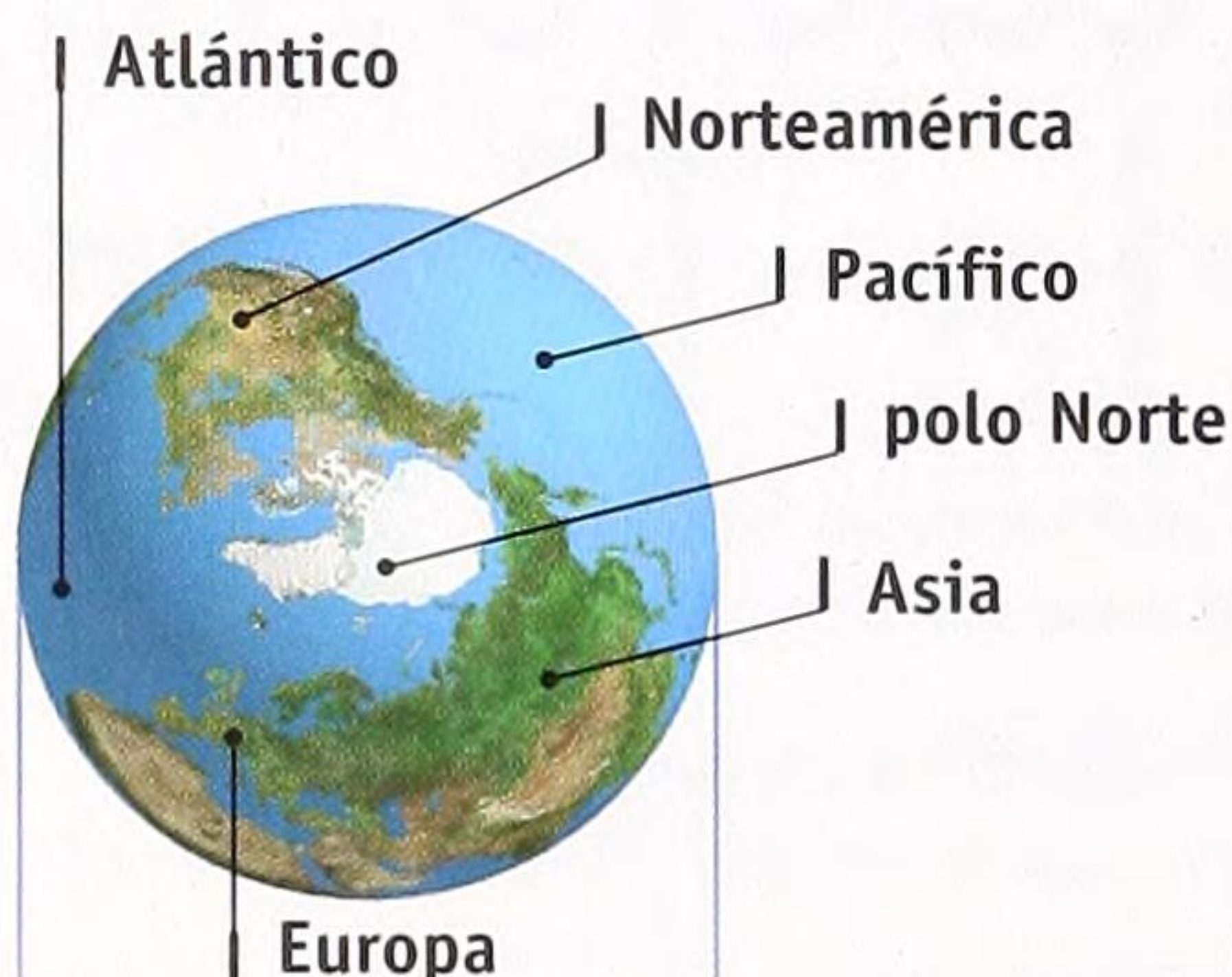
## UN PLANETA ESFÉRICO

A pesar de su ligero aplastamiento en los dos polos, la Tierra presenta una forma casi esférica. Sus circunferencias polar y ecuatorial son por lo tanto prácticamente idénticas.

## NORTE Y SUR

El ecuador, el paralelo situado exactamente a mitad de camino entre los polos, divide la Tierra en dos partes: el hemisferio Norte y el hemisferio Sur.

### HEMISFERIO NORTE



HEMISFERIO SUR

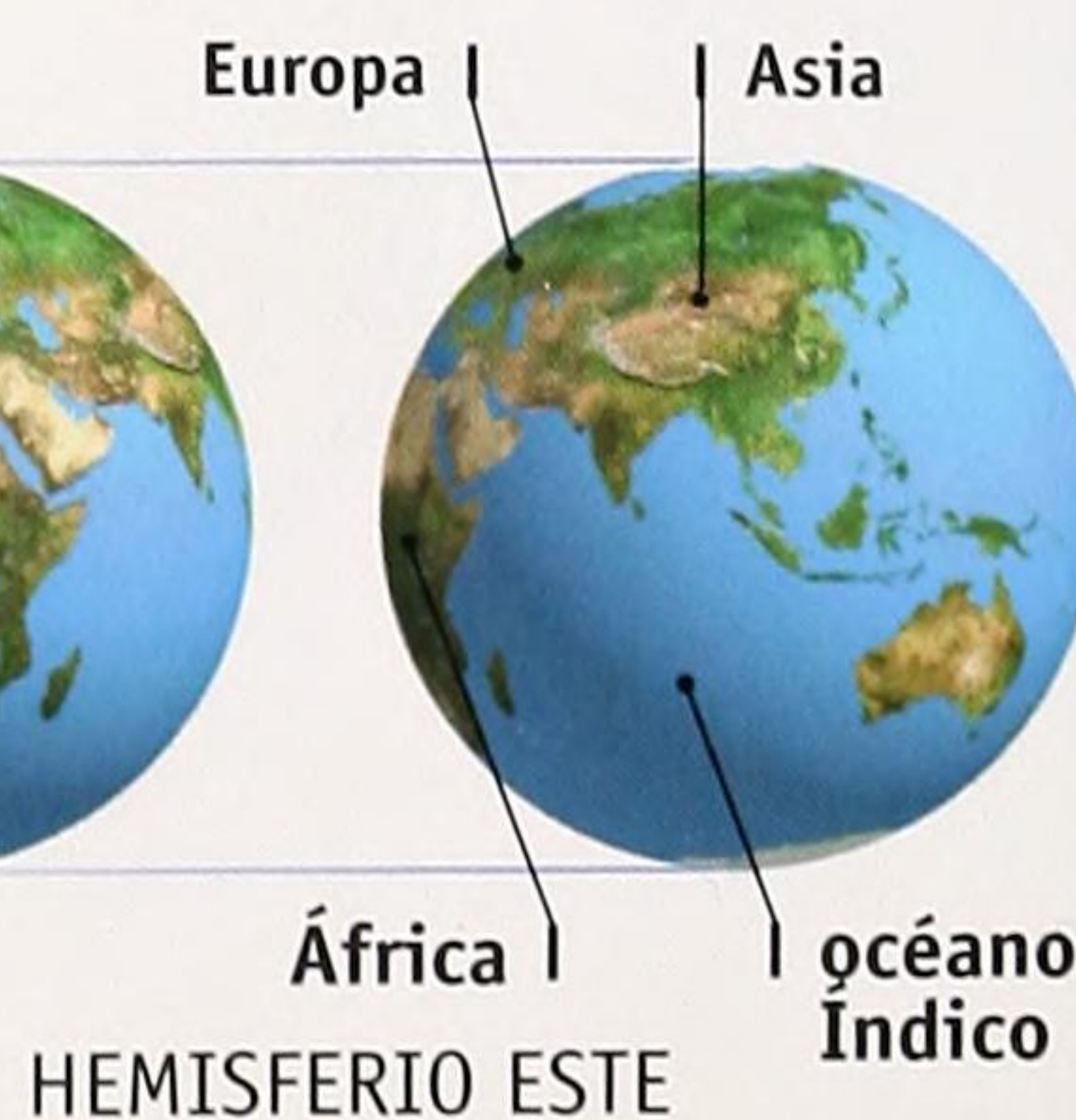
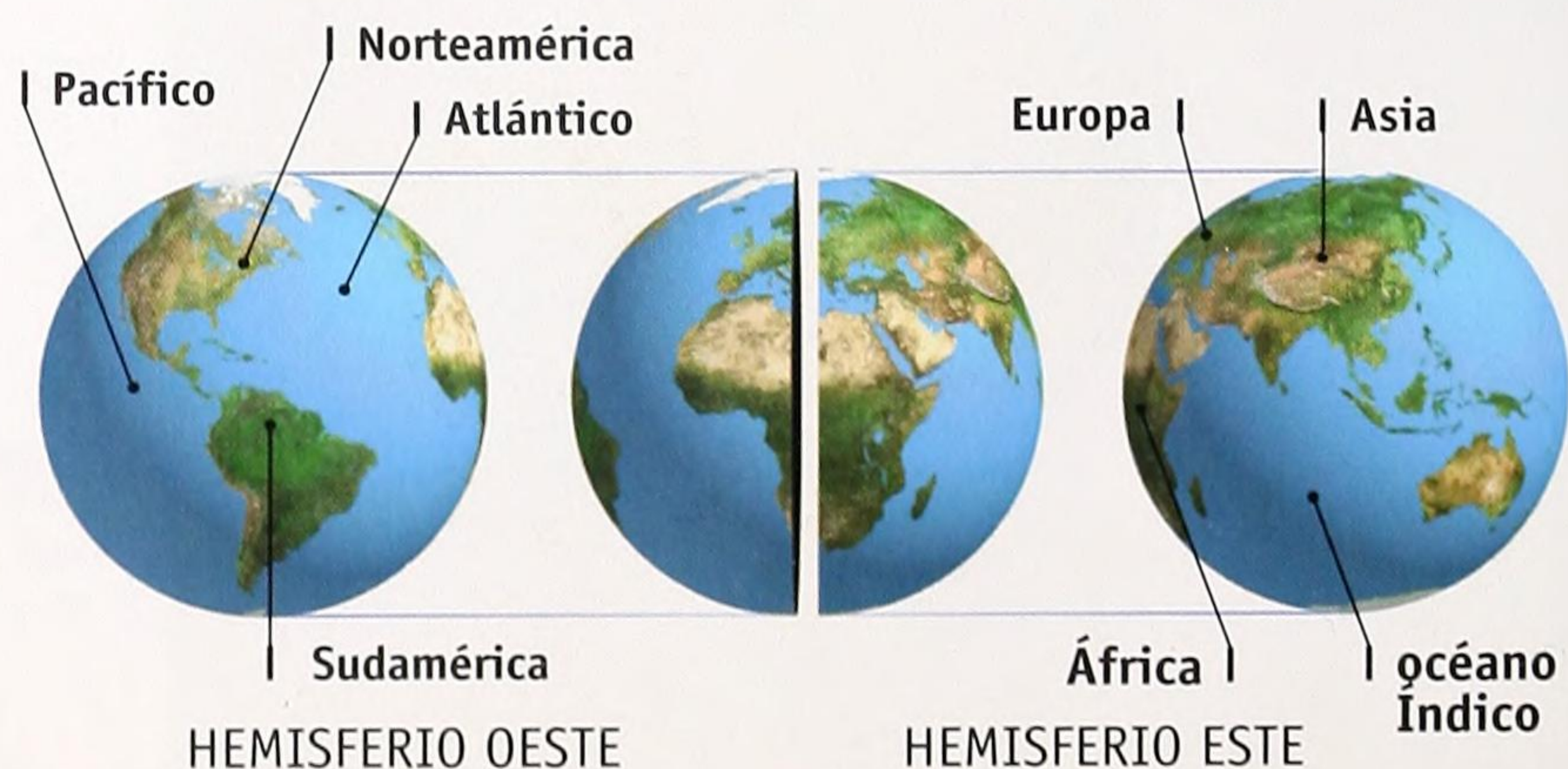
El **trópico de Cáncer**, situado a 23° 26' de latitud Norte, es uno de los cinco paralelos fundamentales. El Sol se encuentra ahí en su cenit el 21 de junio, durante el solsticio de verano.

**Lima**  
(12° 03' S y 77° 03' 0)

El **trópico de Capricornio** está situado a 23° 26' de latitud Sur. Durante el solsticio de invierno, el 21 de diciembre, el Sol se encuentra ahí en su cenit.

## ESTE Y OESTE

El meridiano de origen, una línea imaginaria que pasa por la latitud de Greenwich, en Inglaterra, también divide el globo en dos partes: el hemisferio Este y el hemisferio Oeste.



**Montreal**  
(45° 30' N y 73° 34' 0)

meridiano

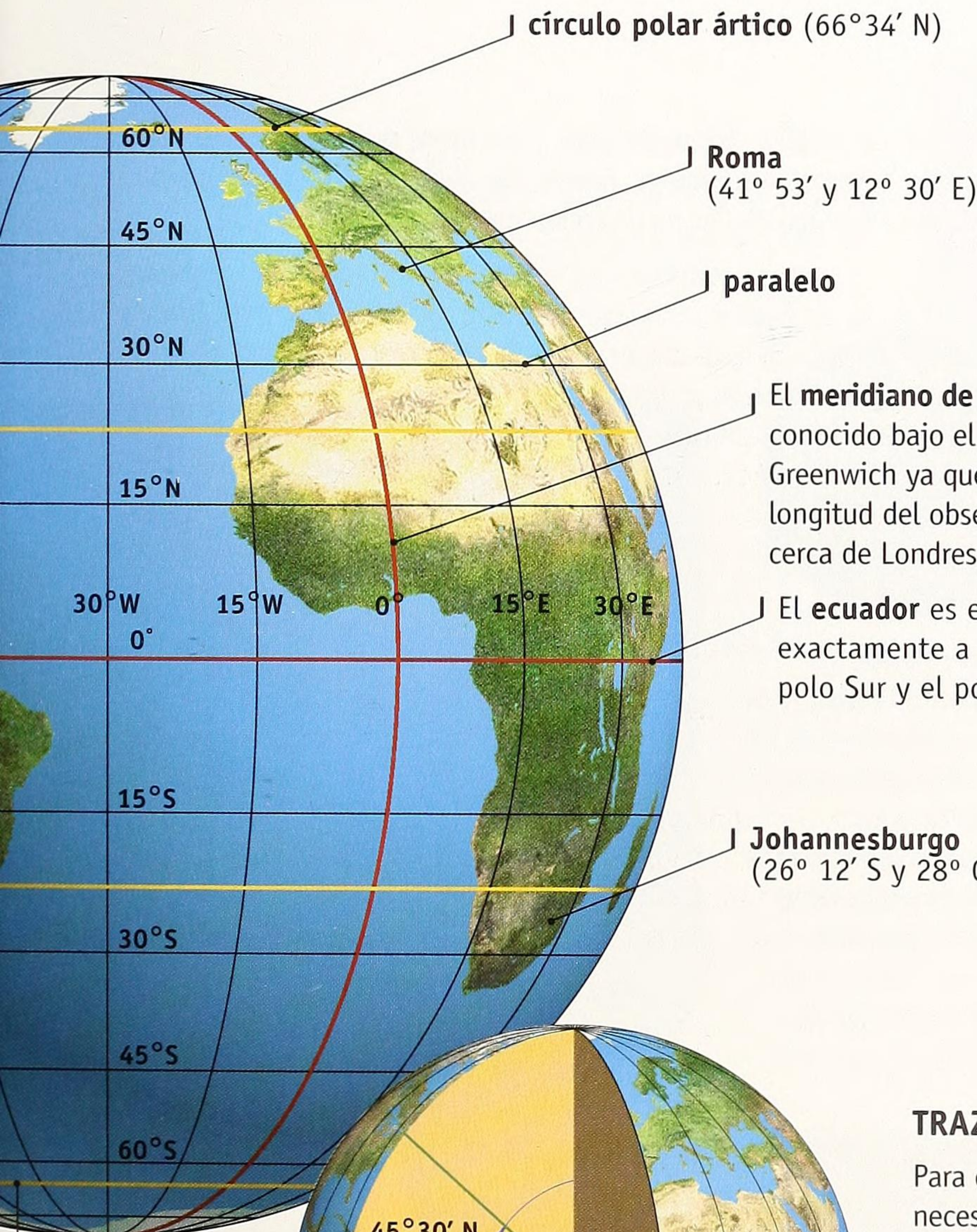
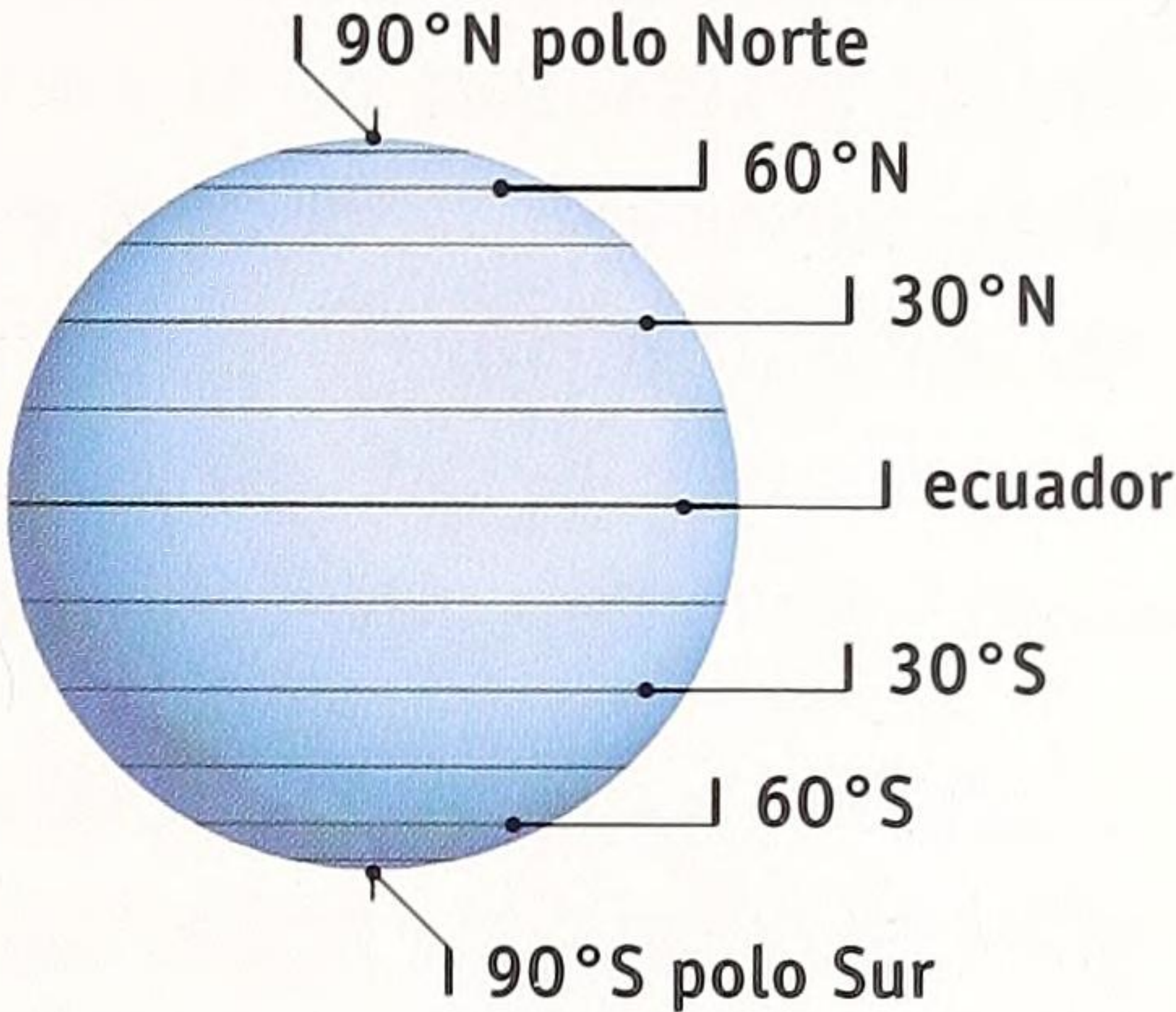
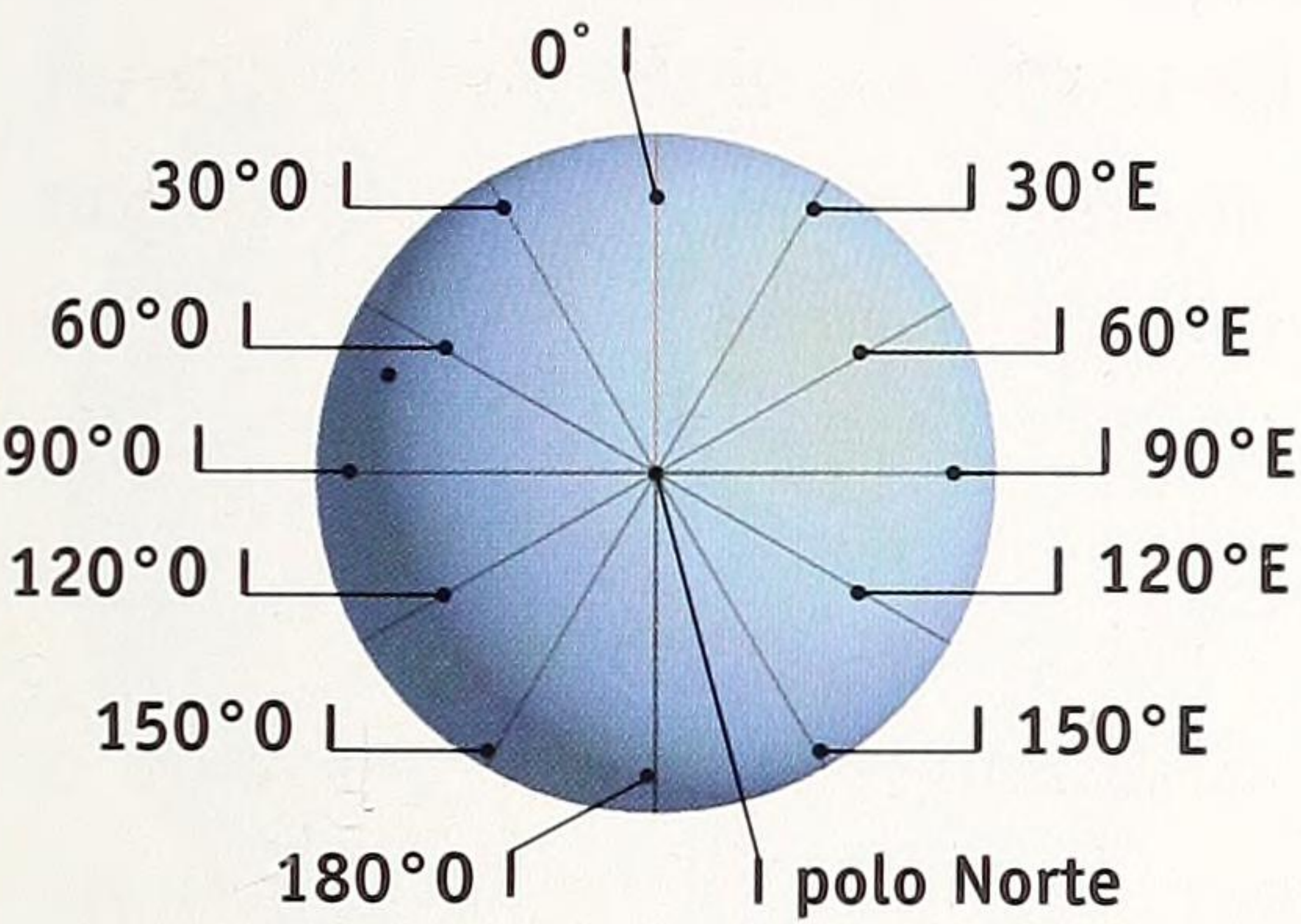
90°W 75°W 60°W



LOS MERIDIANOS Y LOS PARALELOS

Los **meridianos** son líneas imaginarias convergentes en los polos que unen todos los puntos de la Tierra que tienen la misma longitud. El meridiano de origen (0°) sirve de señal para el cálculo de las longitudes, que varían de 180° O a 180° E.

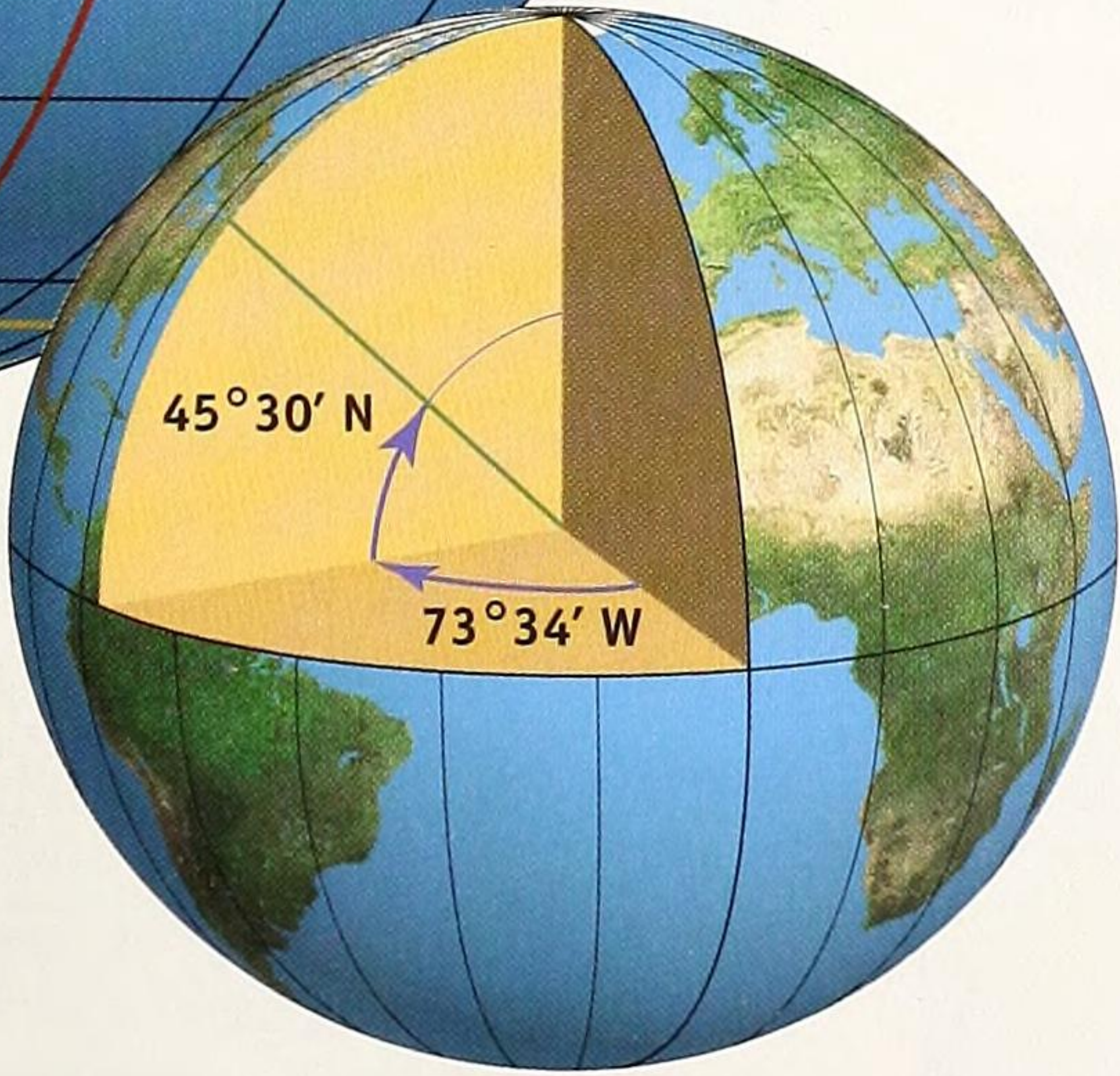
Los **paralelos** son líneas imaginarias paralelas al ecuador que unen todos los puntos que tienen la misma latitud. Situado en la latitud 0°, el ecuador sirve de señal para el cálculo de las latitudes, que varían entre 90° N (en el polo Norte) y 90° S (en el polo Sur).



El **meridiano de origen**, de 0° de longitud, es conocido bajo el nombre de meridiano de Greenwich ya que corresponde exactamente a la longitud del observatorio de esta ciudad situada cerca de Londres.

El **ecuador** es el paralelo más largo, exactamente a medio camino entre en el polo Sur y el polo Norte

**Johannesburgo**  
(26° 12' S y 28° 04' E)



TRAZAR EL PUNTO

Para conocer la posición de un lugar, es necesario determinar a qué latitud y a qué longitud se encuentra. Estos ángulos, para mayor precisión, se encuentran expresados en grados (°), minutos (') y a veces en segundos ("). Un grado de un ángulo se puede dividir en 60 minutos y un minuto en 60 segundos. La ciudad de Montreal se encuentra por ejemplo a 45° 30' N y 73° 34' O.



# Proyección cartográfica

## *Representación de la Tierra en una superficie plana*

A pesar de que la curvatura de la Tierra es a penas perceptible cuando se muestra un área pequeña, se vuelve obvia cuando se representa un continente, y más aún cuando se trata del planeta entero. Para trasponer la superficie de la Tierra a un mapa plano, se debe usar un sistema de proyección, una correspondencia entre la realidad (en tres dimensiones) y su representación (en dos dimensiones).

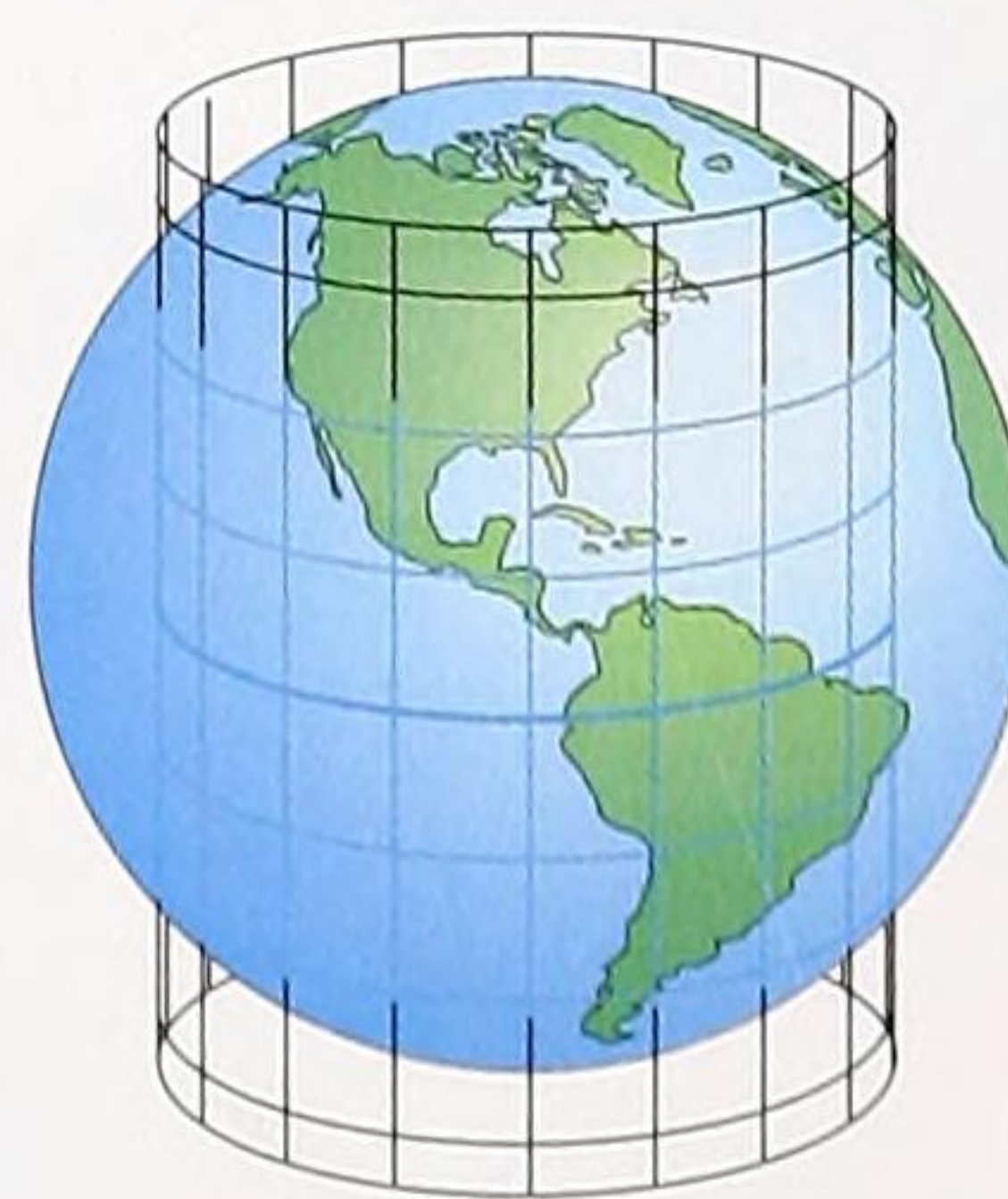
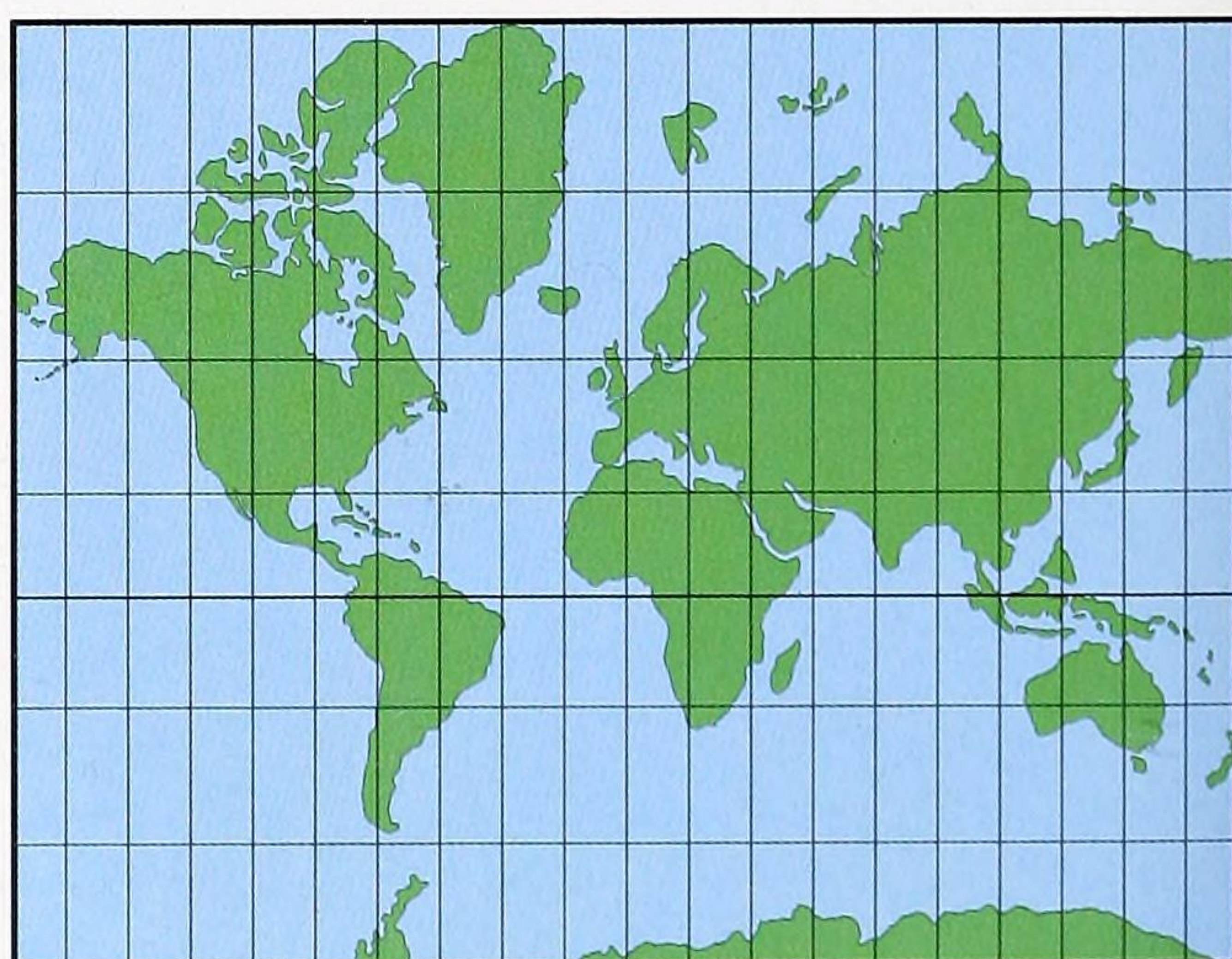
Existen varios sistemas, pero todos implican la distorsión de áreas, ángulos o distancias. La elección de la proyección cartográfica por lo tanto, siempre resulta en un acuerdo aceptable para el uso que se le dará.

### PROYECCIÓN CILÍNDRICA

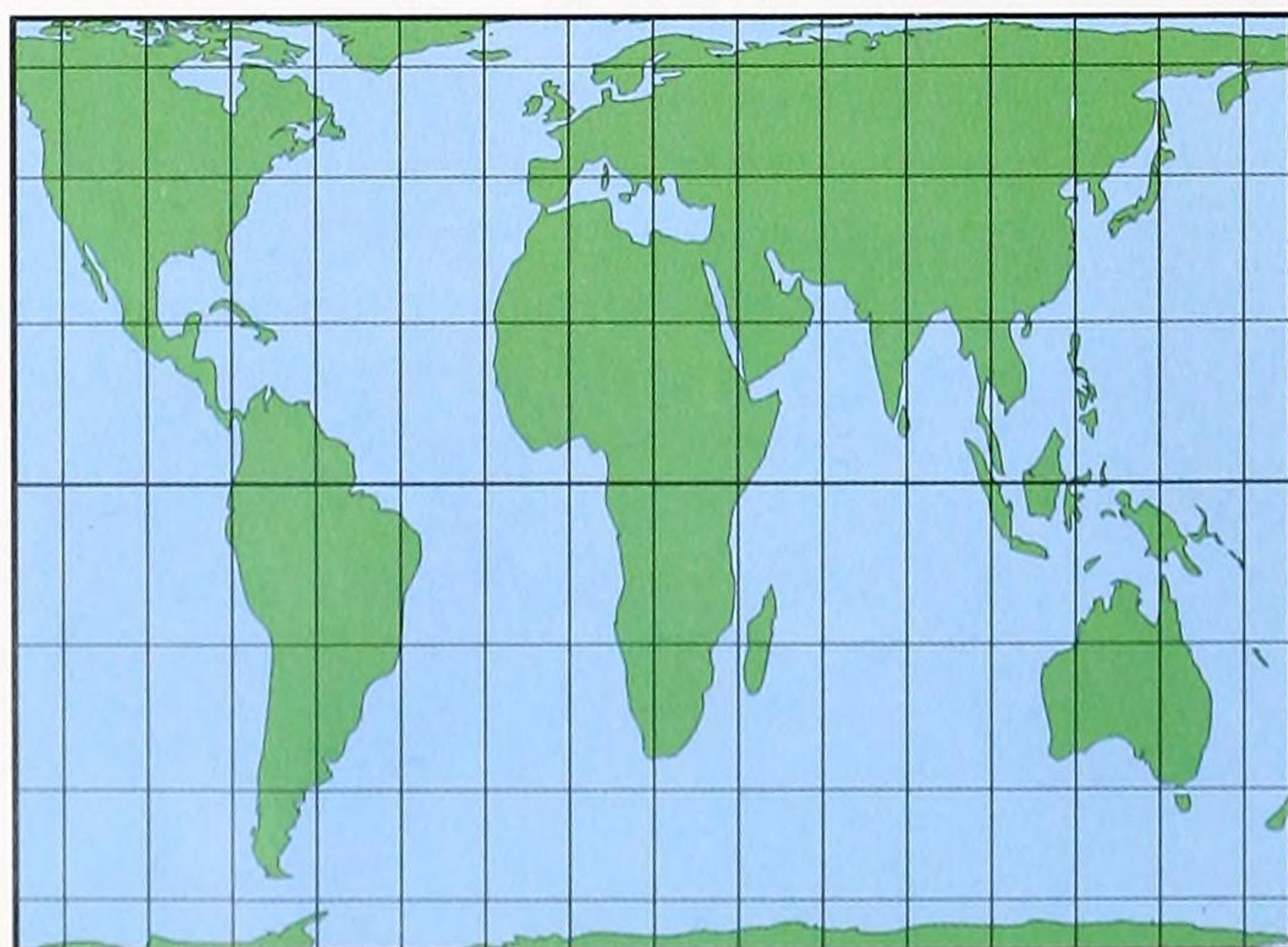
Cuando la superficie de la Tierra se proyecta en un cilindro, los meridianos y paralelos se representan en el mapa resultante como líneas rectas que se cruzan entre sí en ángulos rectos. La zona ecuatorial no queda muy distorsionada, pero las regiones polares aparecen distorsionadas en dirección este-oeste.



Inventada en 1569 por el geógrafo holandés Gerard Mercator, la **proyección de Mercator** compensa la distorsión este-oeste con una distorsión sur-norte equivalente para las regiones polares. Debido a esto, la proyección de Mercator preserva los ángulos rectos entre los paralelos y los meridianos, y por lo tanto sigue siendo uno de los sistemas más usados para navegación. Sin embargo, la corrección ocasiona que ciertas áreas, especialmente las cercanas a los polos, se vean más grandes.



La **proyección de Peters** supone que un cilindro corta la esfera en los paralelos de 45°N y 45°S. La distorsión en distancias queda entonces distribuida en el ecuador y en los polos, mientras las latitudes en medio quedan relativamente sin distorsión. Este sistema de proyección preserva los ángulos y las áreas.

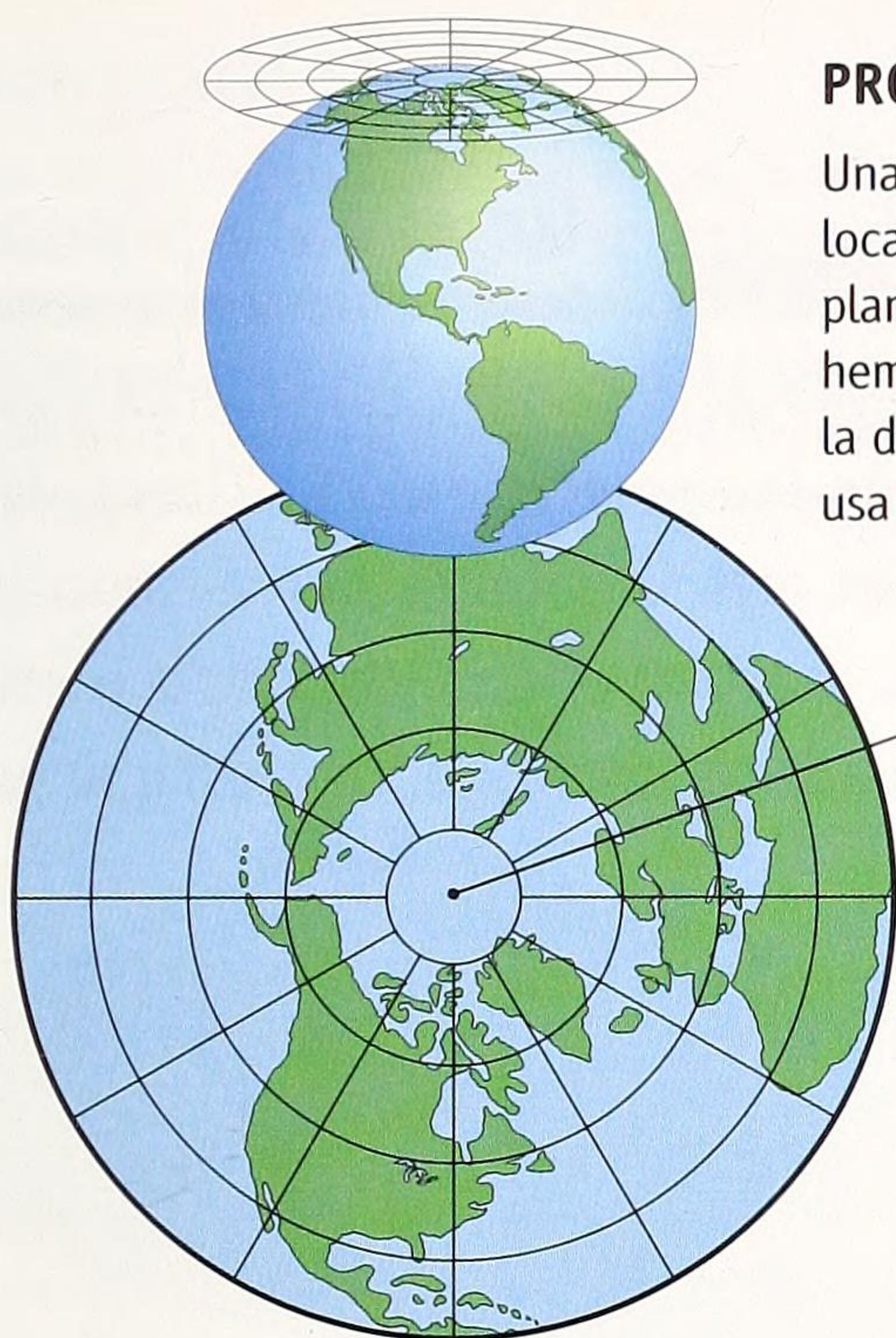




## PROYECCIÓN DESDE EL AZIMUT

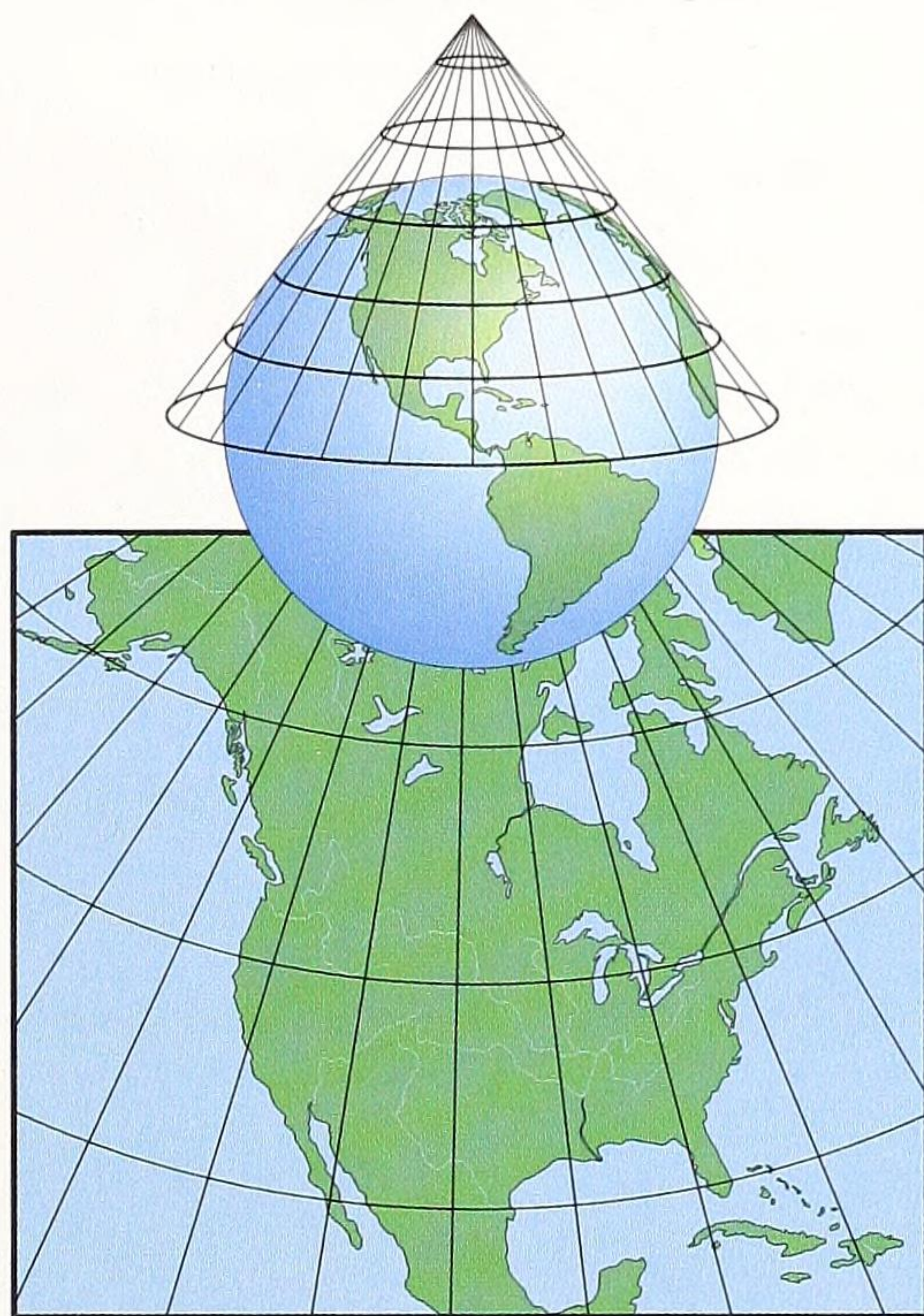
Una **proyección azimutal** (o acimutal) se produce en un plano localizado de modo que sea tangencial al punto en la superficie del planeta. El mapa obtenido es de forma circular y representa sólo un hemisferio. Debido a que la distorsión de las formas se incrementa con la distancia desde el punto de tangencia, este tipo de proyección se usa principalmente para representar las regiones polares.

Si el **punto de tangencia** es un polo, los meridianos aparecen como líneas rectas y los paralelos como círculos concéntricos.



## PROYECCIÓN CÓNICA

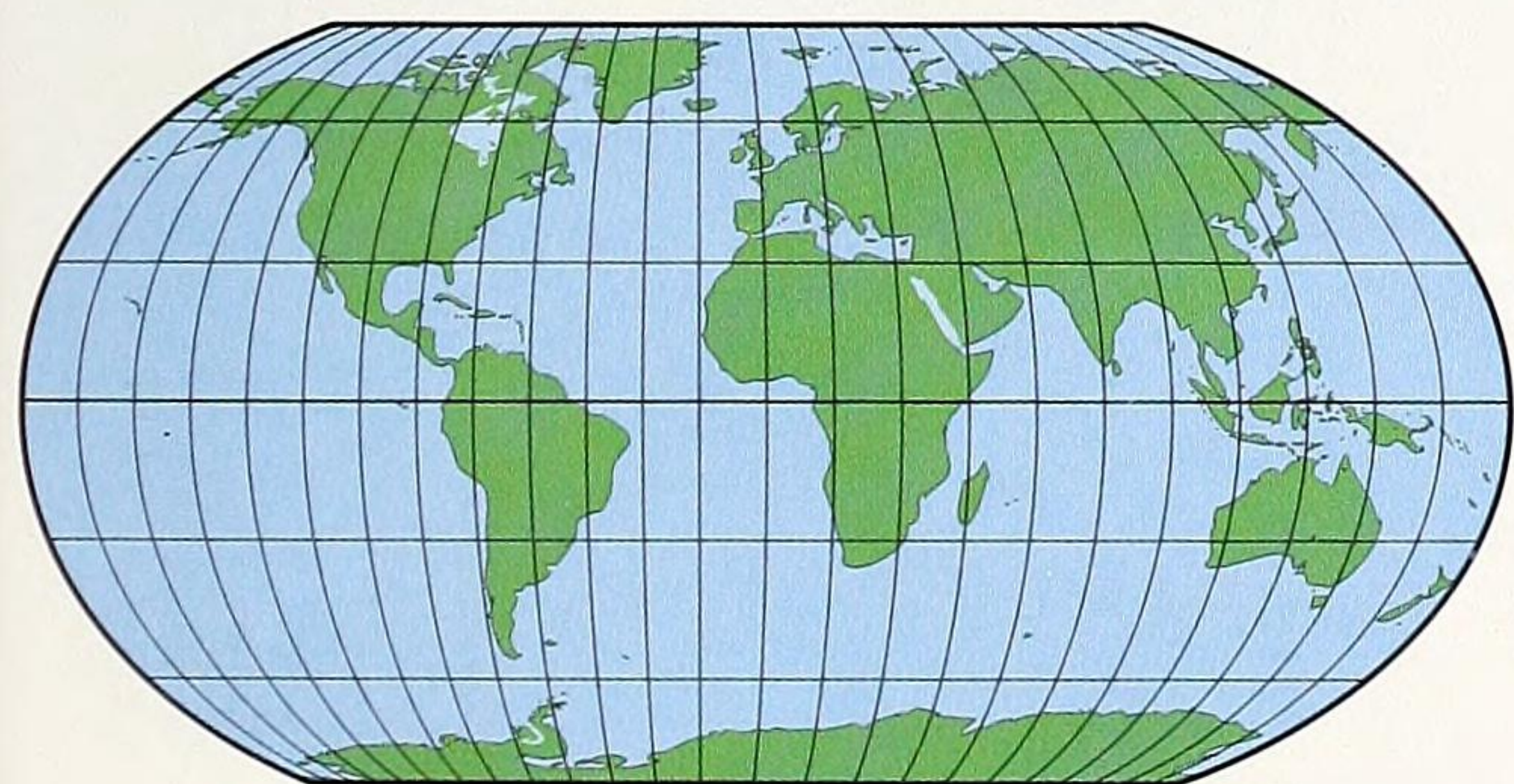
Una proyección cónica se obtiene proyectando la superficie de la Tierra en un cono en contacto con un paralelo. En el mapa resultante, con forma de abanico, las distorsiones se hacen más grandes a cada lado de la zona de contacto. Este sistema de proyección, que sólo puede retratar parte del planeta, se usa frecuentemente para producir mapas de regiones en latitudes medias.



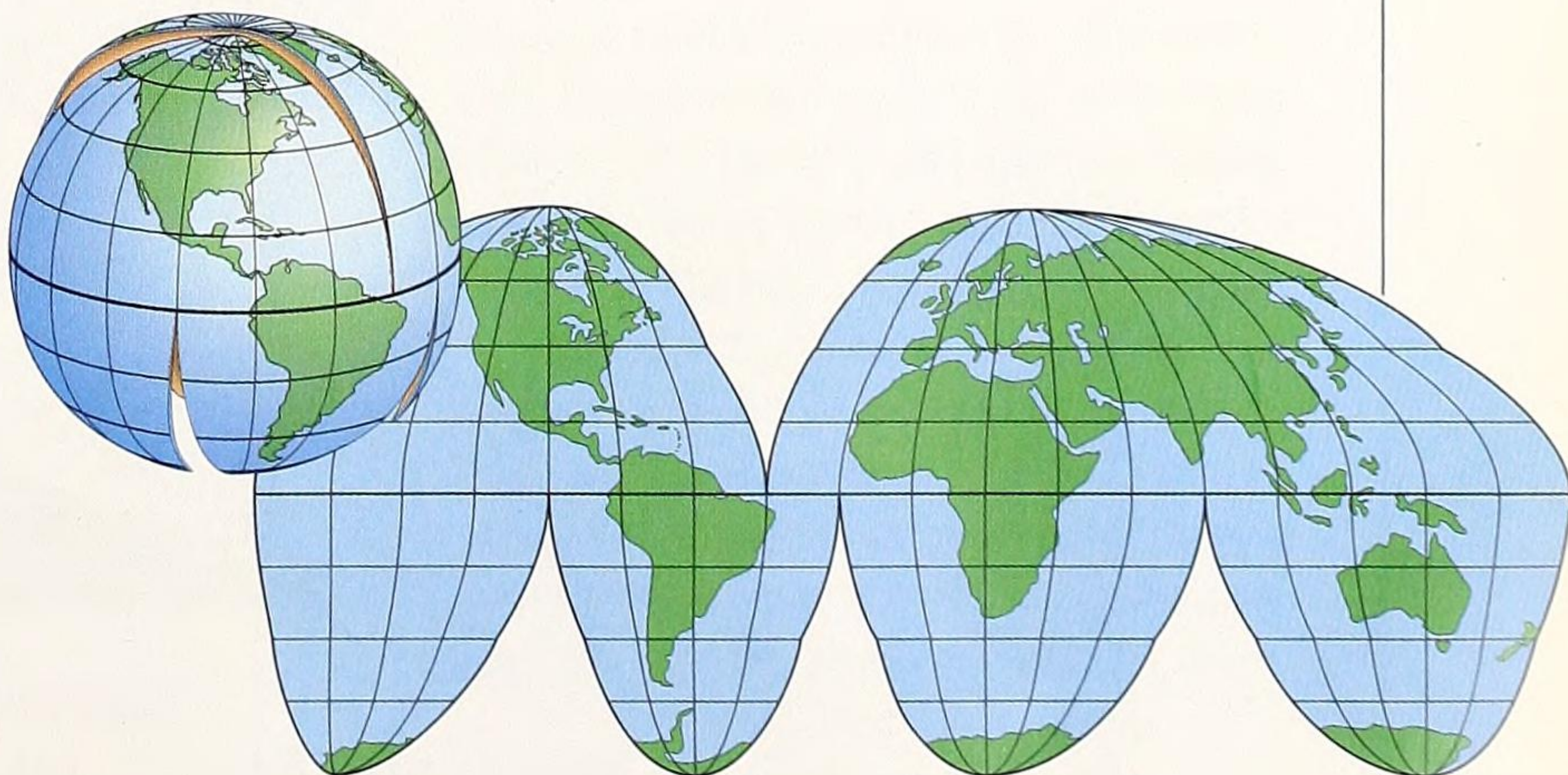
## PROYECCIÓN MEZCLADA

Usando computadoras, los cartógrafos modernos combinan varios tipos de proyección para producir mapas del mundo de diferentes formas y vistas.

La **proyección de Robinson** en realidad no es una proyección cilíndrica, ya que los meridianos, excepto el principal, no son líneas rectas. Los mapas producidos con este sistema no preservan ni los ángulos ni las áreas ni las distancias, pero ofrecen un interesante arreglo entre las tres variables.



La **proyección de Goode** que combina dos métodos de proyección, se llama "interrumpido" ya que el mapa que se obtiene no es continuo. Ninguna parte del planeta queda afuera. Las interrupciones se ubican usualmente en la mitad de los océanos, y los continentes se representan con muy poca distorsión.

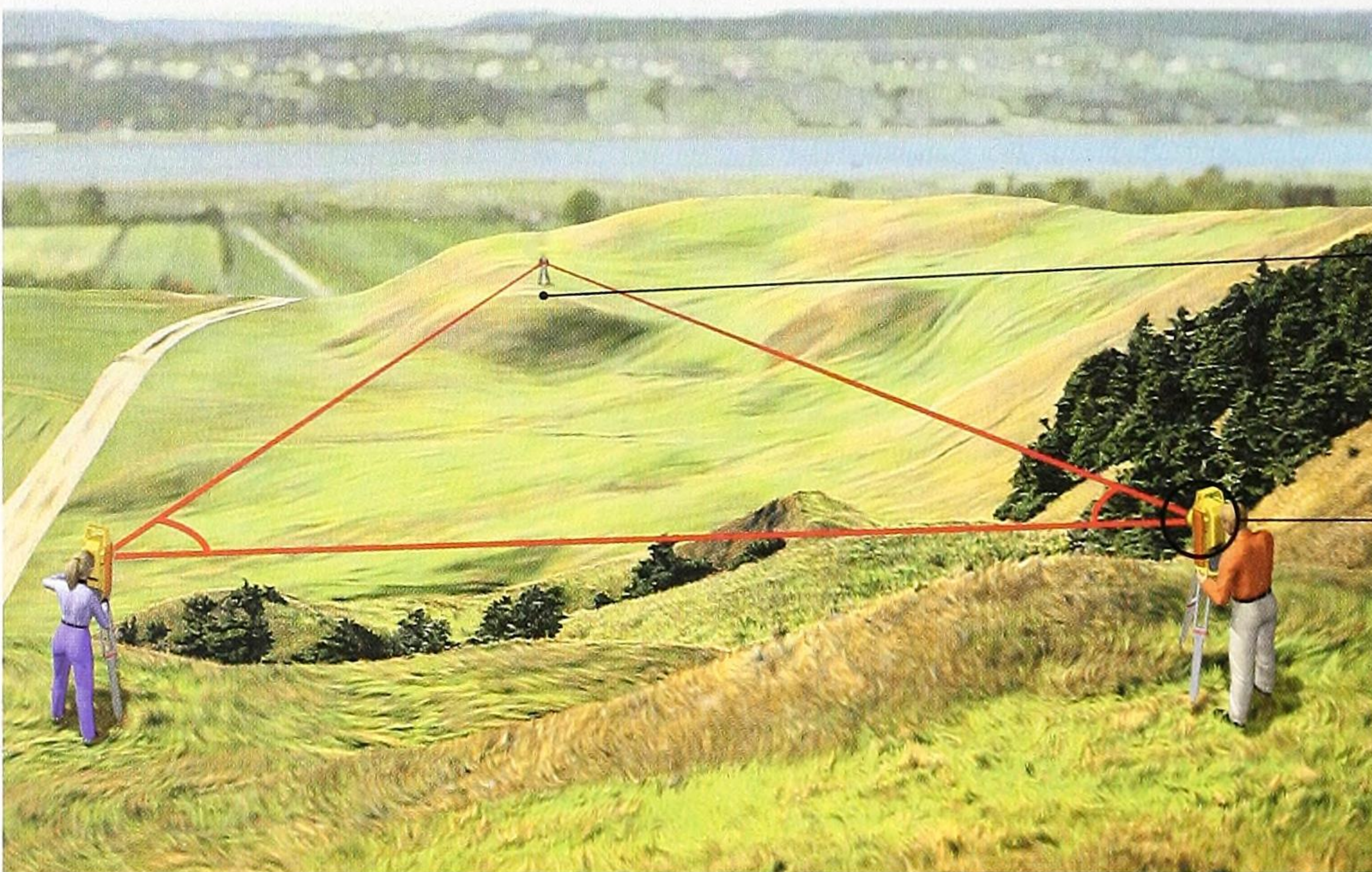




El propósito de un mapa geográfico es transmitir información sobre características naturales y alteradas por el hombre en una parte de la superficie de la Tierra. El trabajo de un cartógrafo es crear un documento fiel a la topología del terreno y marcarlo con símbolos gráficos que resalten ciertas características. Un mapa es el resultado de una gran cantidad de tiempo dedicado a acumular, investigar y codificar información.

### UN TERRITORIO DIVIDIDO EN TRIÁNGULOS

El primer paso para hacer un mapa es determinar precisamente el número de puntos en la región que se va a retratar: a esto se le llama levantamiento. Las medidas del terreno se toman usando un procedimiento llamado triangulación. Después de determinar precisamente la distancia entre dos puntos, el cartógrafo elige un tercer punto y luego mide los ángulos que se forman con la base del triángulo. Se usa el cálculo trigonométrico para determinar las longitudes de los otros dos lados del triángulo. De punto a punto, se construye una retícula básica desde la cual se puede hacer el levantamiento de todo el territorio.



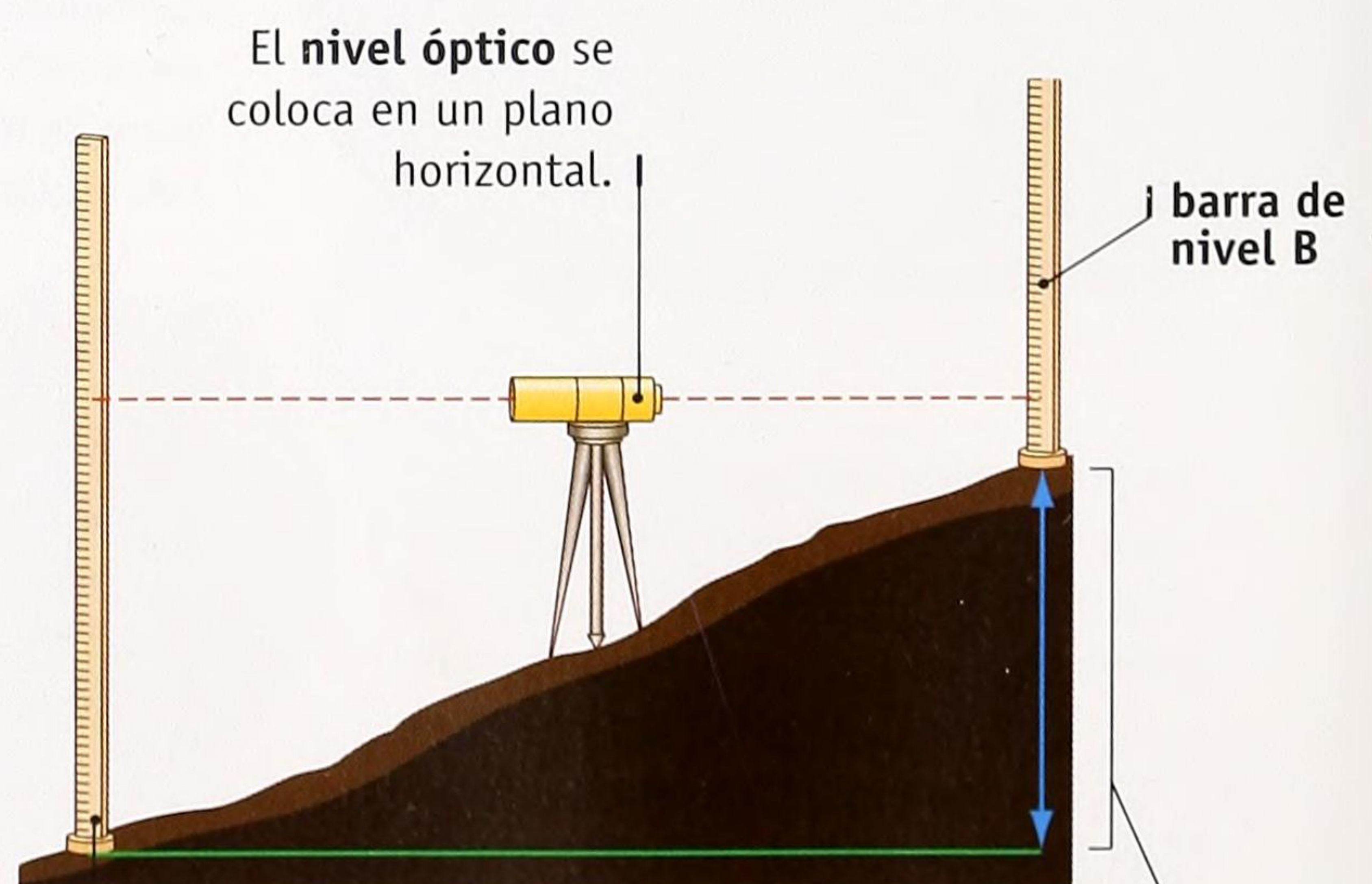
Un **punto geodésico** es un punto en el territorio cuyas coordenadas se han medido con precisión.



Un **teodolito** Se usa para medir ángulos con precisión.

### NIVELACIÓN

La forma más precisa para determinar la altitud de un punto en la retícula geodésica es un método llamado nivelación directa. Consiste en comparar dos barras de metal, una colocada en el punto a medir (B), y la otra en un punto cercano, cuya altitud ya se conoce (A). Un nivel óptico colocado a una distancia igual entre las dos barras niveladas determina la diferencia de altitud entre los dos puntos. Esta operación se realiza de punto a punto sobre todo el territorio empezando por el nivel de base (nivel del mar).



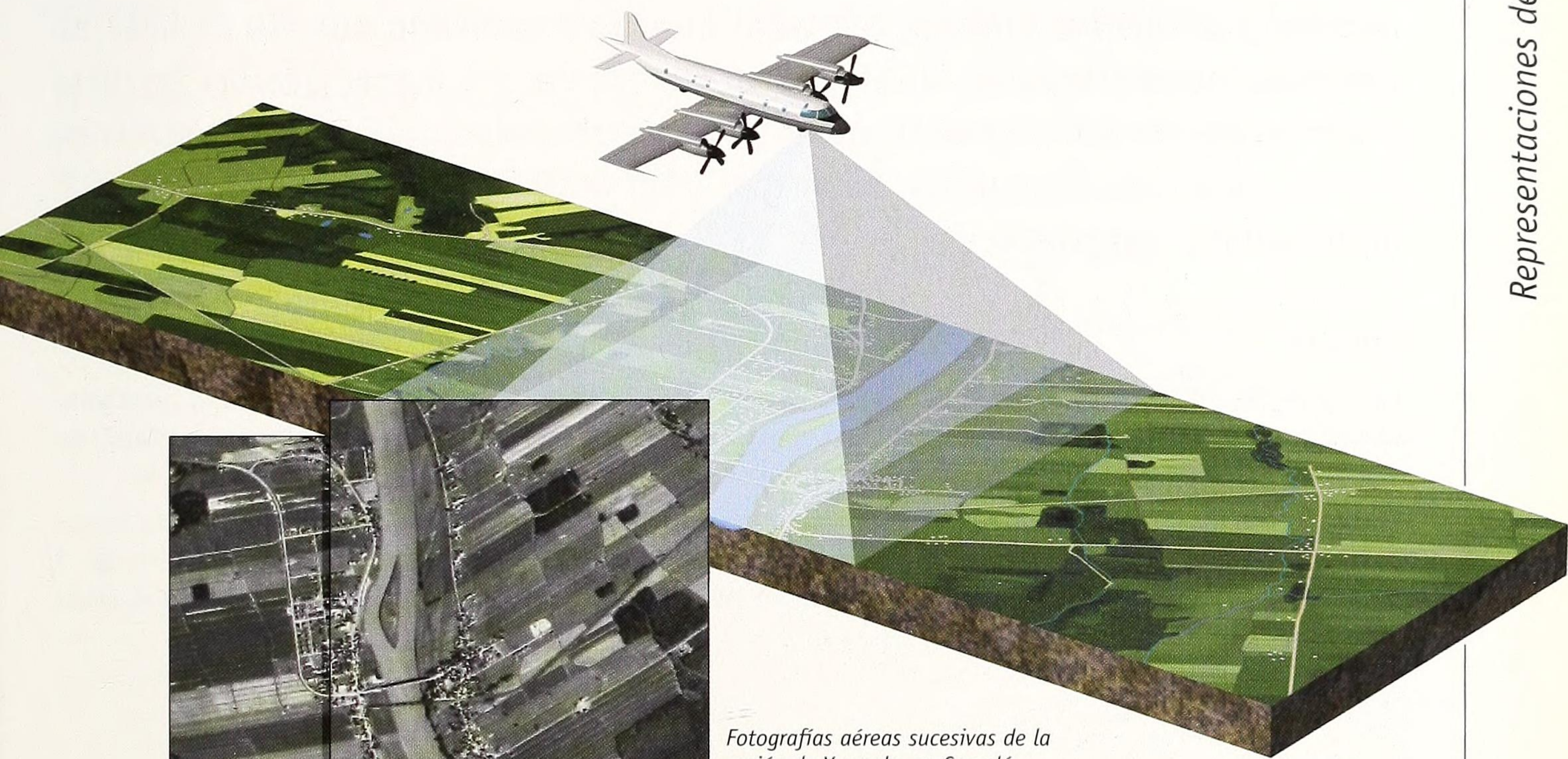
barra de nivel A

La **diferencia de altitud** se obtiene restando el valor en la barra de nivel B del de la barra de nivel A.



FOTOGRAFÍA AÉREA

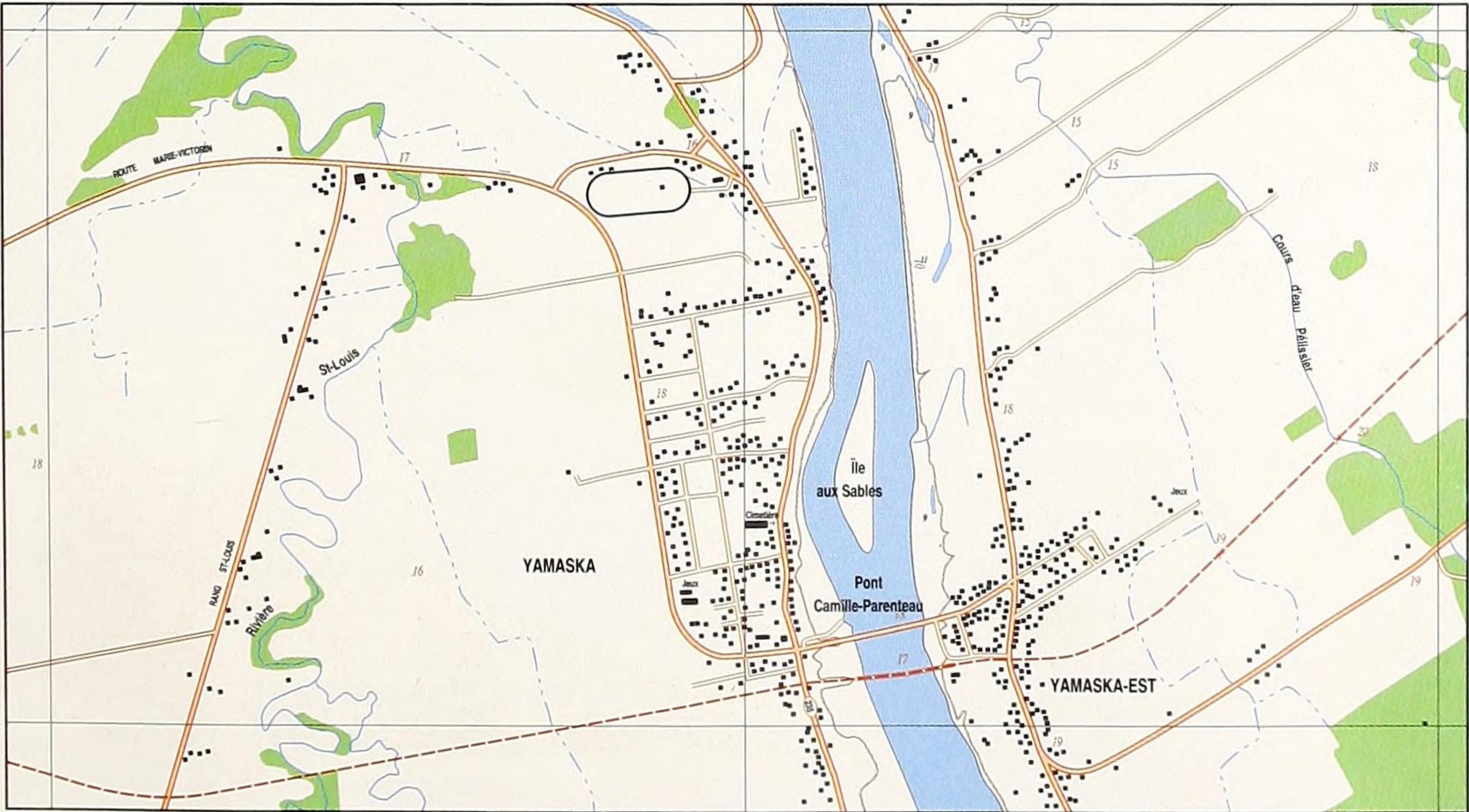
La retícula geodésica es un marco de referencia básico al que se le deben añadir muchos otros datos. Desde mediados del siglo XX, los levantamientos de estos elementos se han realizado generalmente usando la fotografía aérea. Un aeroplano vuela a una altitud, velocidad y dirección constante sobre el territorio al que se le hará el levantamiento y toma fotografías a intervalos regulares, en donde cada fotografía se empalma sobre una parte de la fotografía anterior. Usando las partes empalmadas de las dos fotografías sucesivas, el cartógrafo puede ver el territorio en tres dimensiones con un estereoscopio.



Fotografías aéreas sucesivas de la región de Yamaska en Canadá.

EL MAPA BASE

Un levantamiento complementario de campo, un estudio suplementario del territorio, proporciona datos que la fotografía aérea no puede: nombres de lugares, tipo de caminos, elementos escondidos por la vegetación, y demás. Toda la información que se obtiene luego se usa para dibujar un mapa muy preciso del territorio, generalmente a una escala de 1/20,000. Este mapa base se usará como referencia para la creación de todo tipo de mapas derivados.



Mapa base (1/20,000) de la región de Yamaska en Canadá.



# Convenciones cartográficas

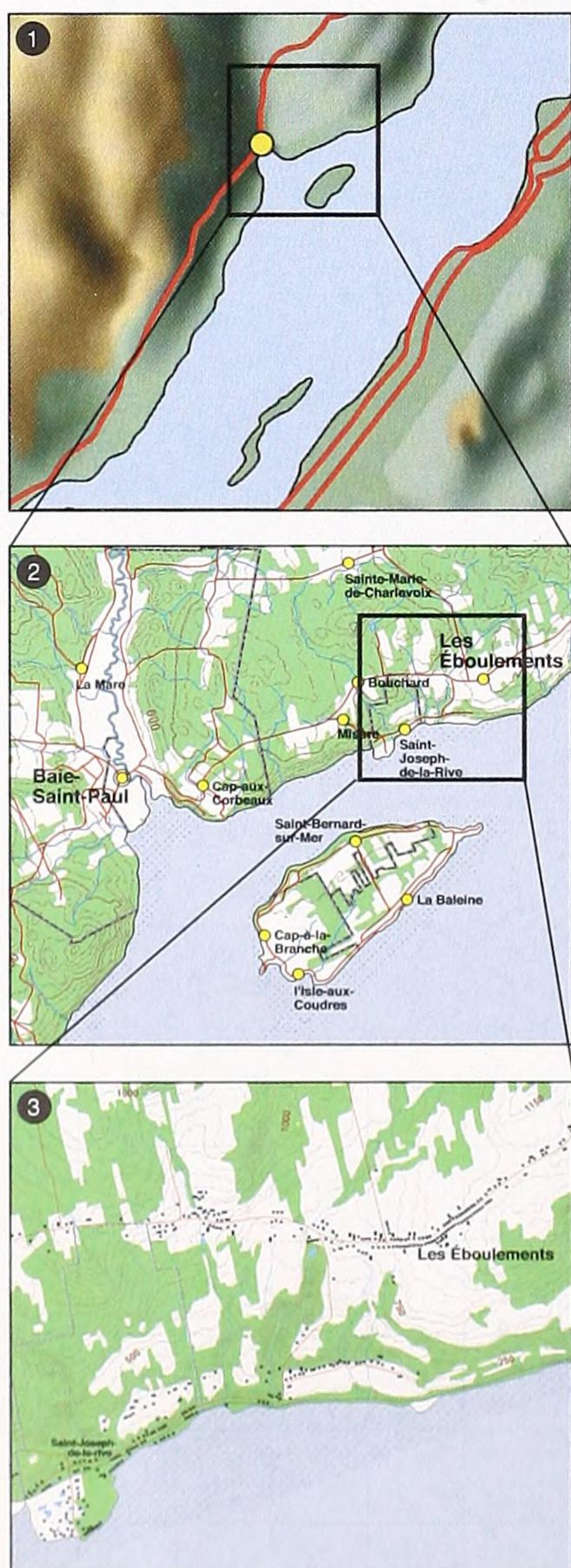
## Herramientas para leer un mapa

Para representar la realidad, el cartógrafo debe trasladar datos que se han reunido a elementos gráficos comprensibles. Este complejo proceso se basa en símbolos convencionales, definidos en la leyenda del mapa, que los lectores deben aprender a interpretar. Además de los símbolos gráficos (pictogramas, colores, retículas, tipografía), los mapas usan otras convenciones, como escala, orientación y generalización.

### ESCALAS

Las distancias dibujadas en un mapa son proporcionales a las distancias que representan. Esta razón constante, que es la escala del mapa, se expresa ya sea con una fracción o gráficamente. Cada escala tiene sus ventajas: un mapa a gran escala muestra más detalles, mientras un mapa a escala menor muestra un área más grande.

Mientras más pequeña sea la escala de un mapa, más sencillos y selectos deben ser los trazos. A este ajuste se le llama generalización. A una escala de  $1/1,300,000$ , 1 cm en el mapa representa 13 km en tierra ①. A una escala de  $1/400,000$ , 1 cm representa 4 km en tierra ②. A una escala de  $1/130,000$ , 1 cm en el mapa representa 1.3 km en tierra ③.



La **línea de escala** expresa visualmente la relación entre la escala de un mapa y la realidad.

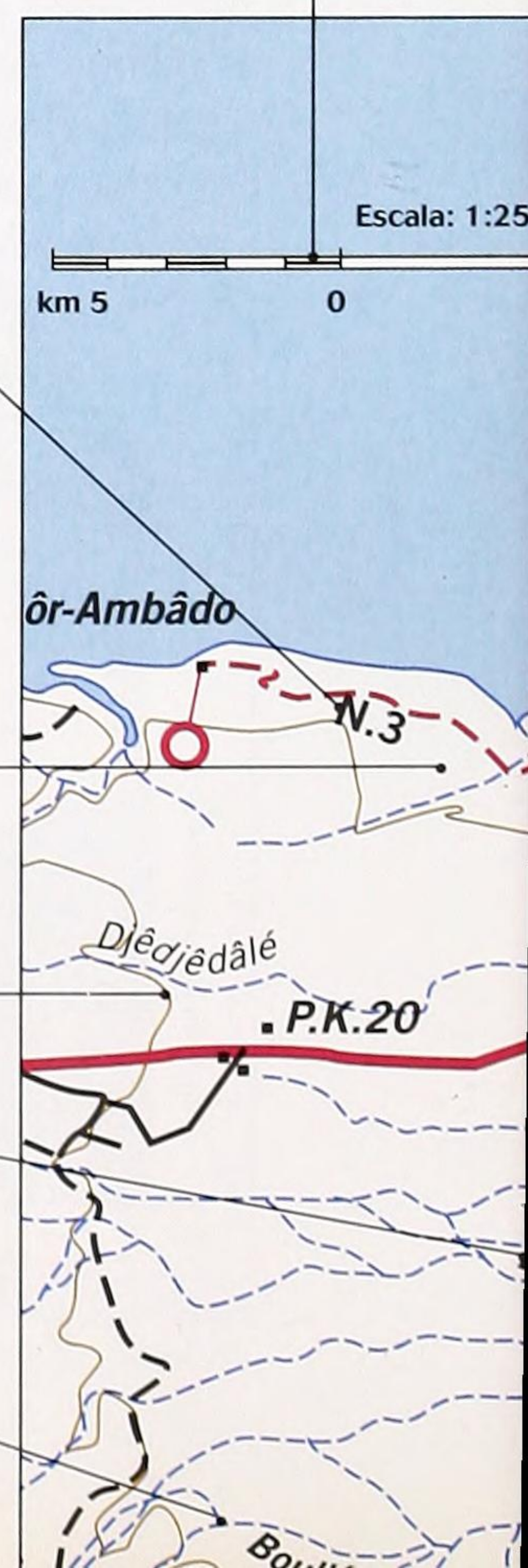
número de  
carretera

distancia en  
kilómetros

línea divisoria

Las **variaciones tipográficas** (estilos, colores, tamaño de los caracteres), permite diferentes niveles de lectura.

altitud

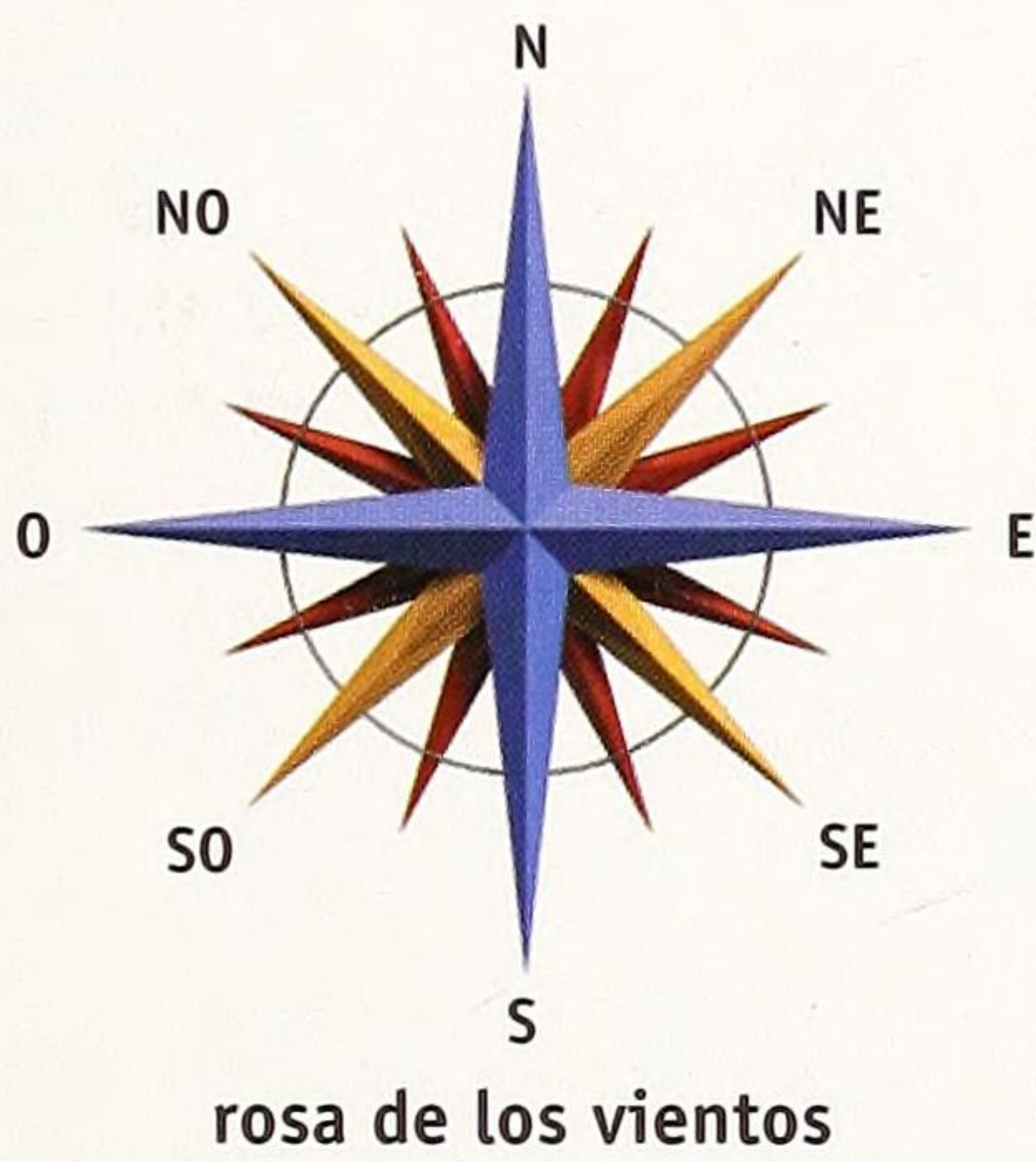




CÓMO LEER UN MAPA

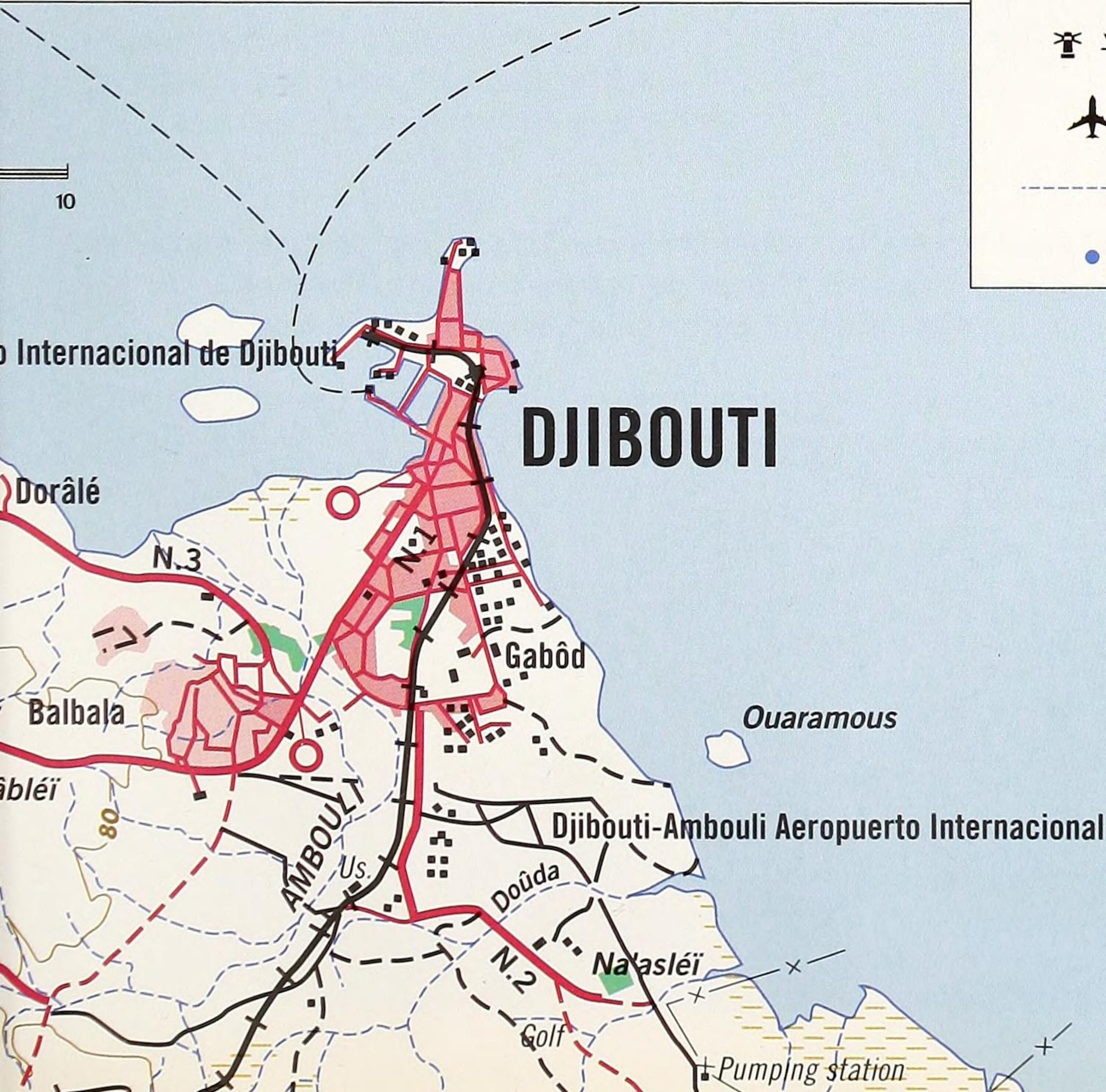
Los mapas de todos tipos usan convenciones gráficas para expresar la realidad. A menudo se usan colores para representar altitudes, crear una jerarquía entre diferentes elementos (como los caminos), y diferenciar entre zonas adyacentes. La forma de los símbolos, ya sea que describa la realidad que representan o no, pueden variar grandemente. Se usa texto para colocar nombres, que pueden estar enlistados en un índice. Se puede crear una jerarquía con variaciones tipográficas, por ejemplo usando letras mayúsculas o minúsculas. Además de indicar latitud y longitud, algunos mapas tienen una retícula alfanumérica (compuesta de números y letras) para proporcionar puntos de referencia.

La **leyenda** es el conjunto de instrucciones de operación de un mapa. Es un inserto que proporciona al lector el significado de todos los símbolos utilizados: características del relieve, caminos, tamaño de las ciudades, tipos de vegetación, hidrografía, etc.



Aunque por convención, la parte de arriba de un mapa generalmente indica el norte, su orientación es frecuentemente expresada, ya sea simplemente con una flecha que apunta al norte, o con una **rosa de los vientos** que indica los cuatro puntos cardinales (norte, este, sur, oeste) y las posiciones intermedias (noreste, sureste, suroeste y noroeste).

|  |                         |
|--|-------------------------|
|  | Camino pavimentado      |
|  | Camino no pavimentado   |
|  | Sendero                 |
|  | Vías de ferrocarril     |
|  | Zona urbana             |
|  | Pueblo                  |
|  | Asentamiento            |
|  | Mezquita                |
|  | Iglesia                 |
|  | Oficina postal          |
|  | Hospital                |
|  | Dispensario             |
|  | Escuela                 |
|  | Mercado                 |
|  | Poste                   |
|  | Estación de policía     |
|  | Hotel                   |
|  | Gasolinería             |
|  | Límite de zona regulada |
|  | Bosque                  |
|  | Tierra inundable        |
|  | Terraplén               |
|  | Faro                    |
|  | Nafragio                |
|  | Aeropuerto              |
|  | Curso de agua temporal  |
|  | Depósito de agua        |





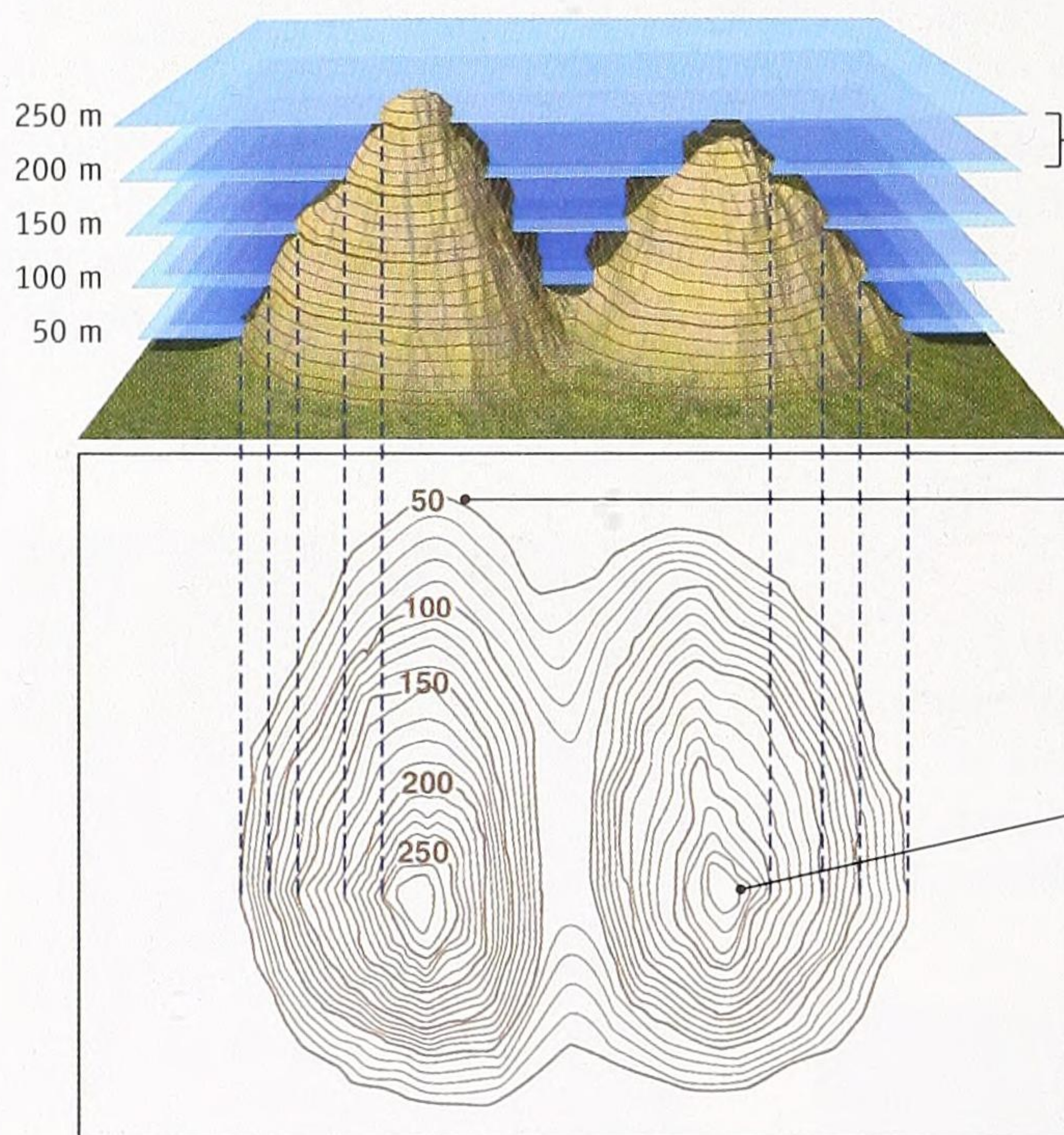
# Mapas físicos y topográficos

## La ilusión de relieve

El objetivo de los mapas físicos y topográficos es proporcionar la versión más exacta posible de la superficie de la Tierra (características del relieve, cursos de agua, extensiones de agua, caminos, ciudades, etc.). Se usan varias técnicas para representar las características del relieve: líneas de contorno, una escala de colores o sombreados.

### LÍNEAS DE CONTORNO

Las líneas de contorno son líneas imaginarias que relacionan todos los puntos localizados a la misma altitud. Le permiten al lector reconocer diferentes tipos de características del relieve: las líneas muy espaciadas corresponden a una superficie casi plana, mientras las líneas colocadas más juntas ilustran una ladera pronunciada. Por lo tanto es posible distinguir colinas, acantilados, valles, plataformas, llanos, etc.



**Intervalos de contorno**, la diferencia de altitud entre dos líneas de contorno sucesivas, son constantes en el mismo mapa.

Para facilitar la lectura, la altitud se indica junto a ciertos contornos, llamados **índice de contornos**.

**Contornos intermedios**, localizados entre los índices de contorno, se muestran sombreados en un tono más claro y no tienen números.

### EL MAPA TOPOGRÁFICO

Dibujado en una escala mayor, el mapa topográfico cubre sólo un territorio pequeño. Su precisión extrema significa que representa las características del relieve del terreno: vegetación, cursos de agua, construcciones, caminos, etc. También indica los límites territoriales y el nombre de los lugares.



camino

Un área de bosque se representa con el color verde

asentamiento

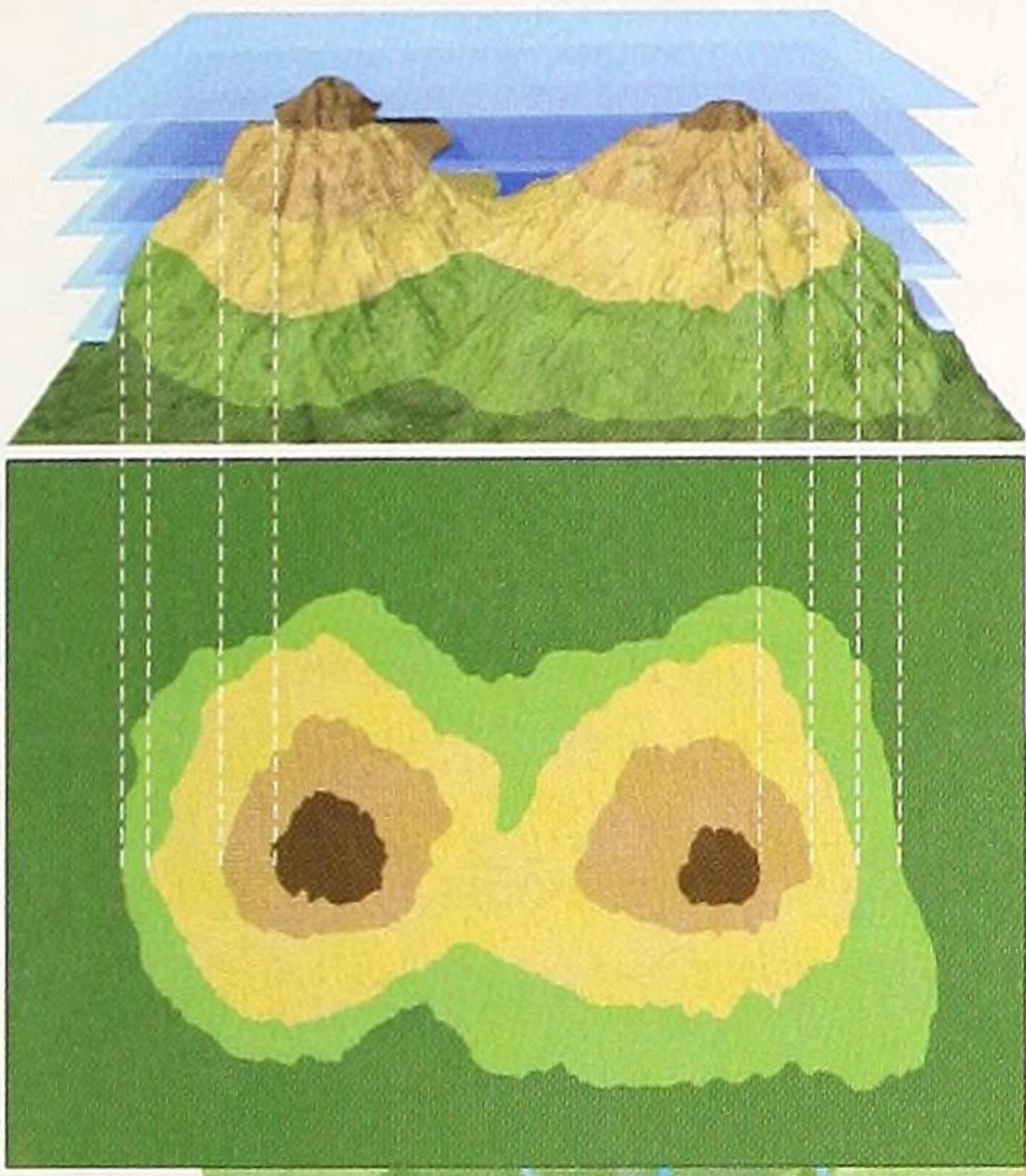
línea de contorno

curso de agua

Les Éboulements

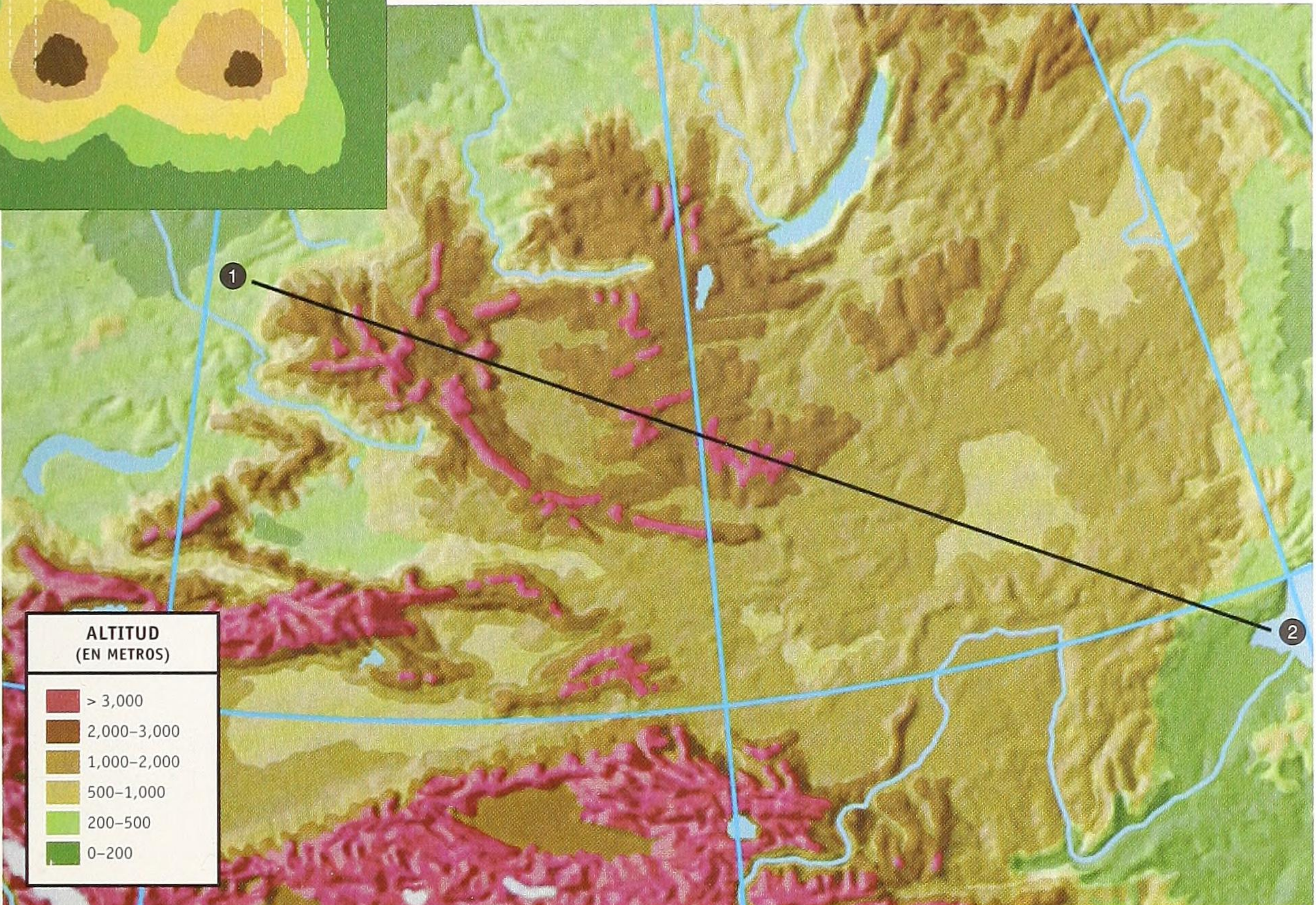
Saint-Joseph de la rive





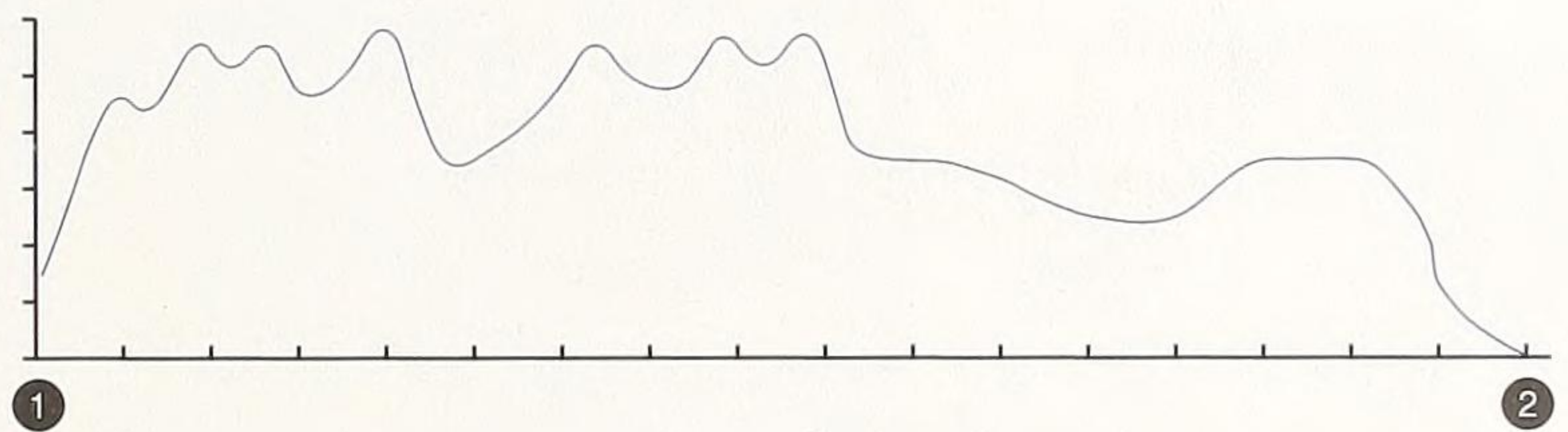
## ESCALAS DE COLOR

En mapas físicos de menor escala, las líneas de contorno se usan raramente. Son remplazadas por áreas de color correspondientes a los niveles de altitud. El significado de los colores se da en una leyenda.

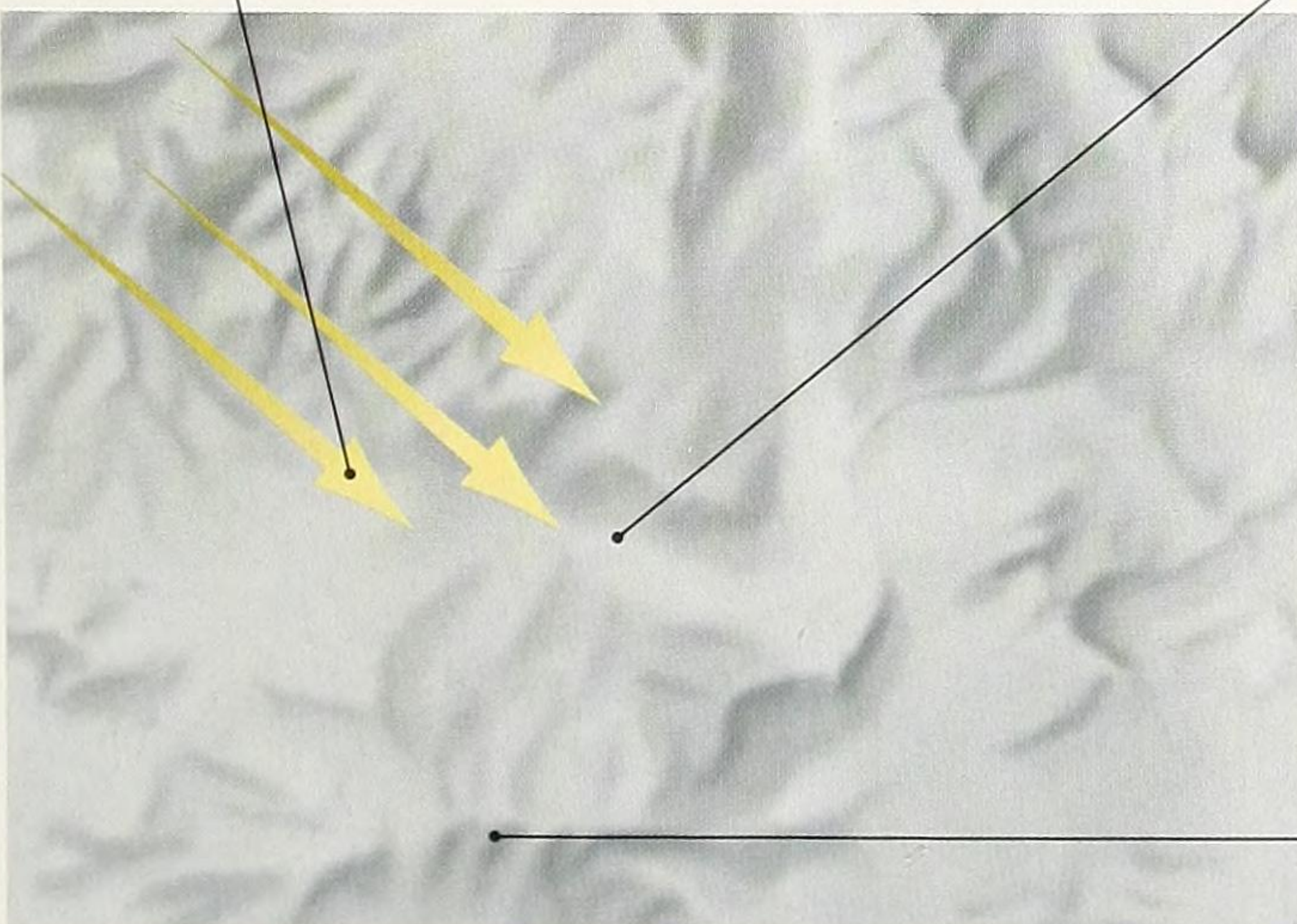


## CARACTERÍSTICAS DEL RELIEVE DE PERFIL

Una vista de corte transversal de un área muestra la variación del relieve junto a una línea recta anotada en el mapa.



La **fuerza de luz** nunca se da explícitamente en el mapa, la orientación de las sombras proporciona una indicación.



valle

## SOMBREADO DEL RELIEVE

El sombreado del relieve es una técnica gráfica que da la ilusión de relieve. Los cartógrafos simulan los efectos de una fuente de luz sombreando ligeramente las laderas bajo la sombra. Esta técnica no da una indicación de la altitud, pero las regiones montañosas se pueden distinguir fácilmente de los llanos y las plataformas. También se pueden ver los valles y las montañas.

arista



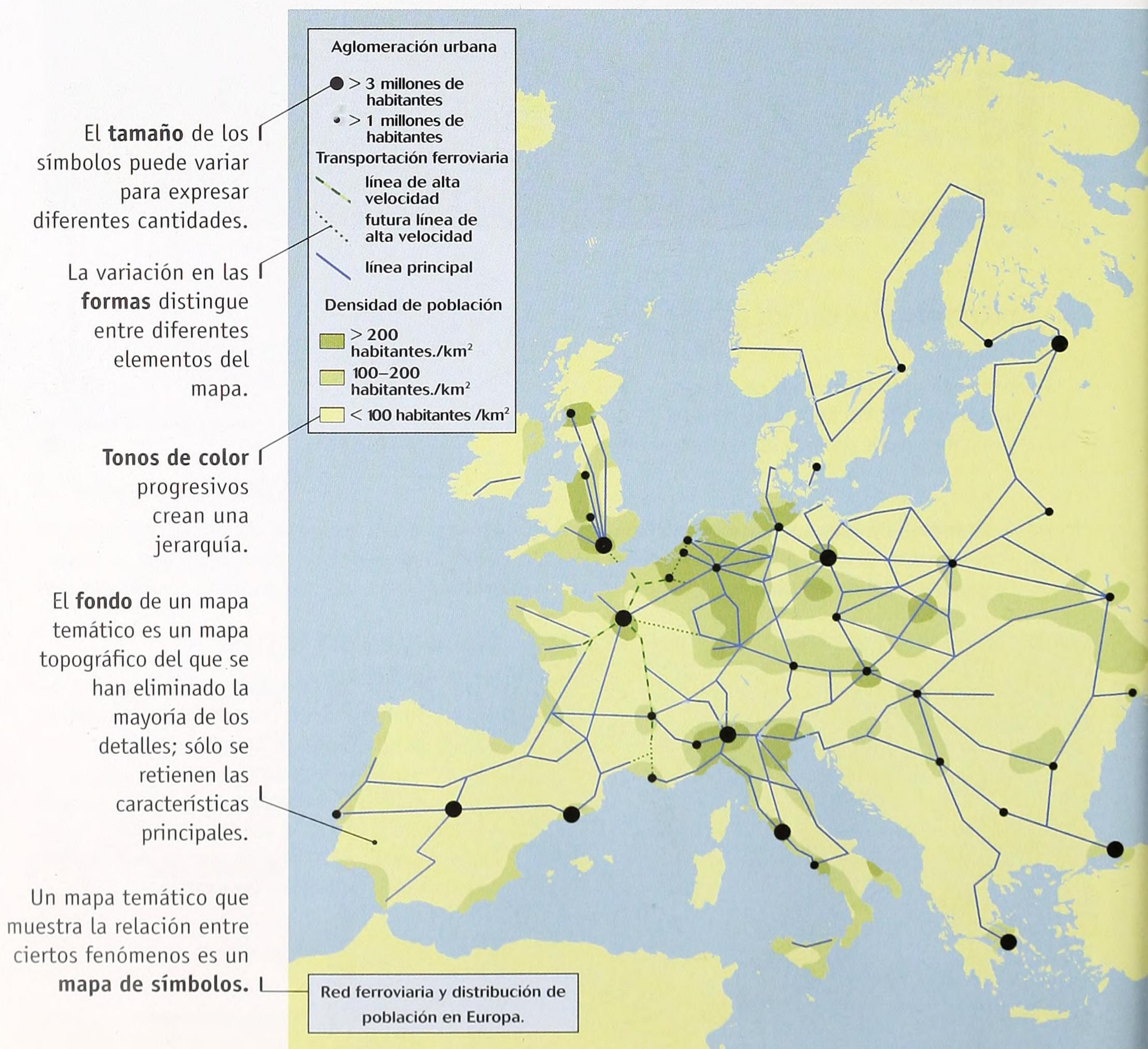
# Mapas temáticos

*Una variedad de aplicaciones*

La cartografía no se limita a indicar los aspectos físicos de un territorio. Es capaz de representar gran variedad de fenómenos cuantitativos y cualitativos, si se pueden ubicar geográficamente. Los mapas temáticos usan un mapa topográfico como fondo, pero dejan fuera la mayoría de los detalles para resaltar algún fenómeno muy específico usando un lenguaje gráfico. Una gran variedad de temas se puede representar en un mapa temático: clima, demografía, recursos naturales, economía, e incluso fenómenos que cambian con el tiempo.

## EL LENGUAJE GRÁFICO DE LOS MAPAS TEMÁTICOS

Los mapas temáticos usan un lenguaje gráfico altamente estructurado. Los símbolos visuales usados para ubicar un fenómeno indican el tipo de instalación, que puede ser locación (ciudad), lineal (vía de ferrocarril) o zonal (densidad de población). Las variaciones en el tamaño, forma o color, distinguen los diferentes símbolos gráficos de acuerdo con criterios cualitativos, cuantitativos e incluso jerárquicos.



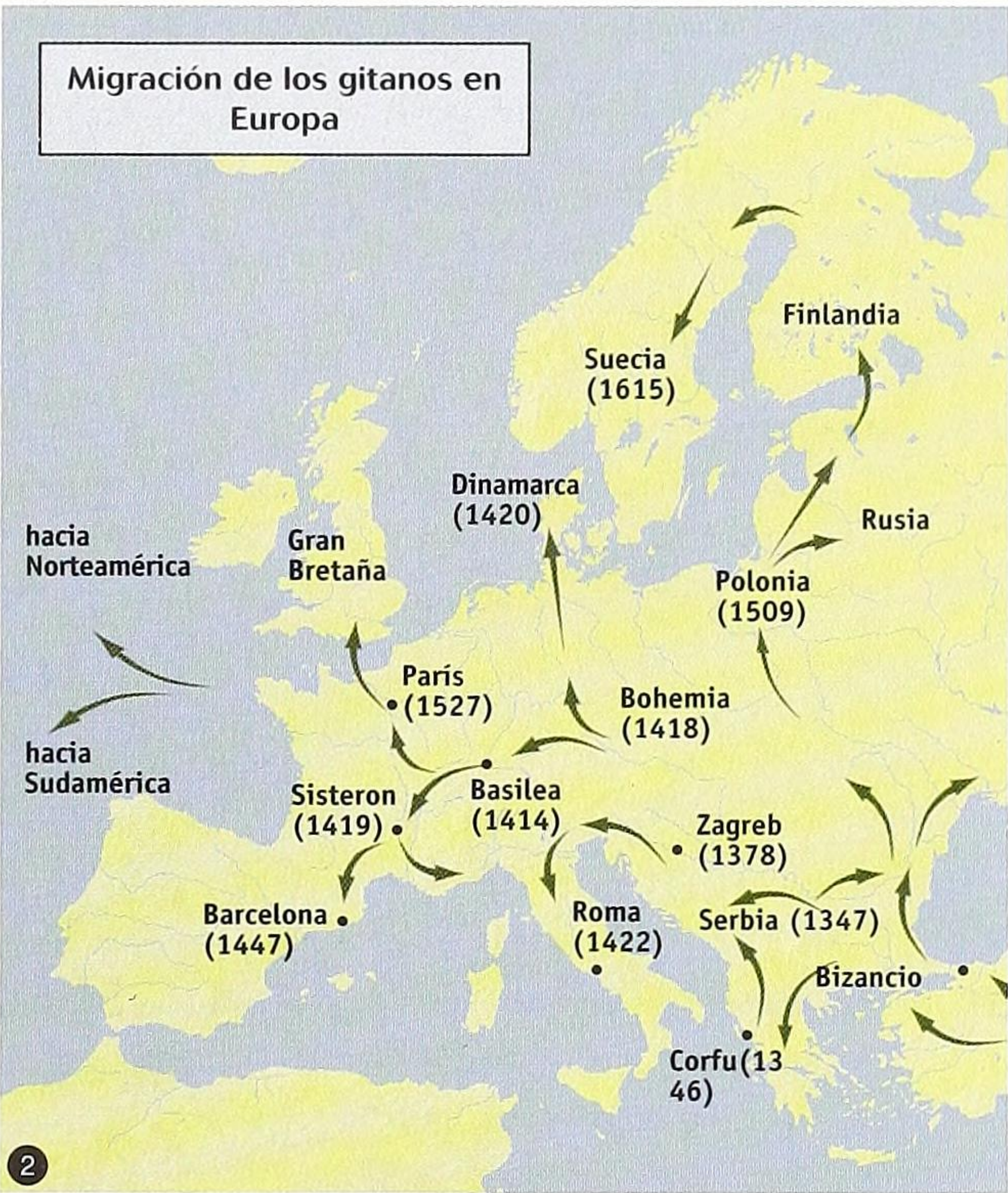
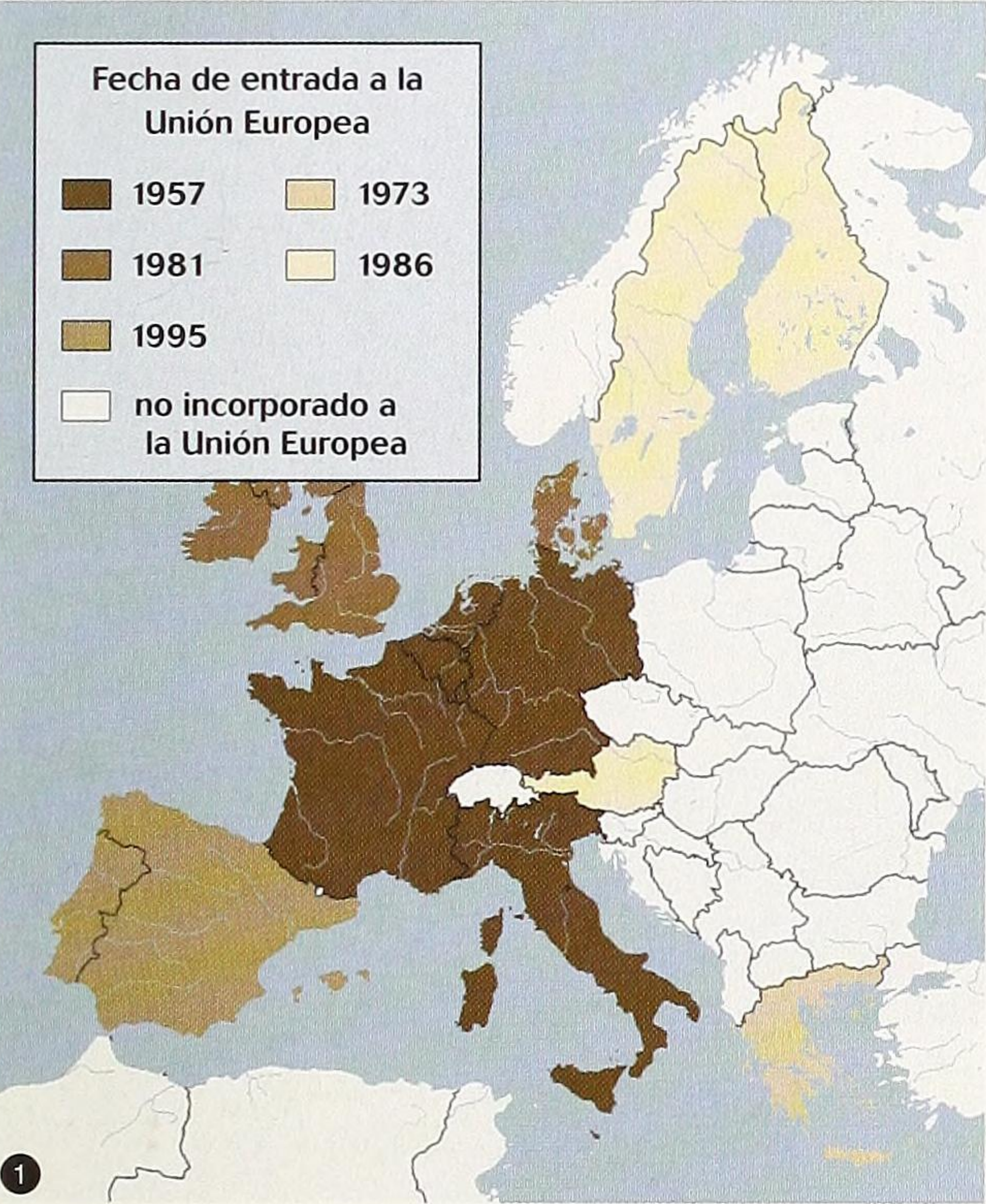


LOS MAPAS A TRAVÉS DE LA HISTORIA

A diferencia de los mapas topográficos, que presentan el estado de un territorio en un momento dado, los mapas temáticos pueden expresar la evolución de fenómenos a lo largo del tiempo mediante diferentes técnicas cartográficas.

El Mapa 1 usa un rango de colores para representar el crecimiento de la Unión Europea al incorporarse nuevos países. La gradación de colores (cada uno corresponde a un año) da la impresión visual de progreso en el tiempo.

En el mapa 2, que muestra la migración de los gitanos en Europa, el paso del tiempo se representa mediante una serie de flechas que relacionan lugares donde estos pueblos nómadas se han asentado con el tiempo. La fecha en que los gitanos llegaron se indica directamente en el mapa junto al nombre de la ciudad.

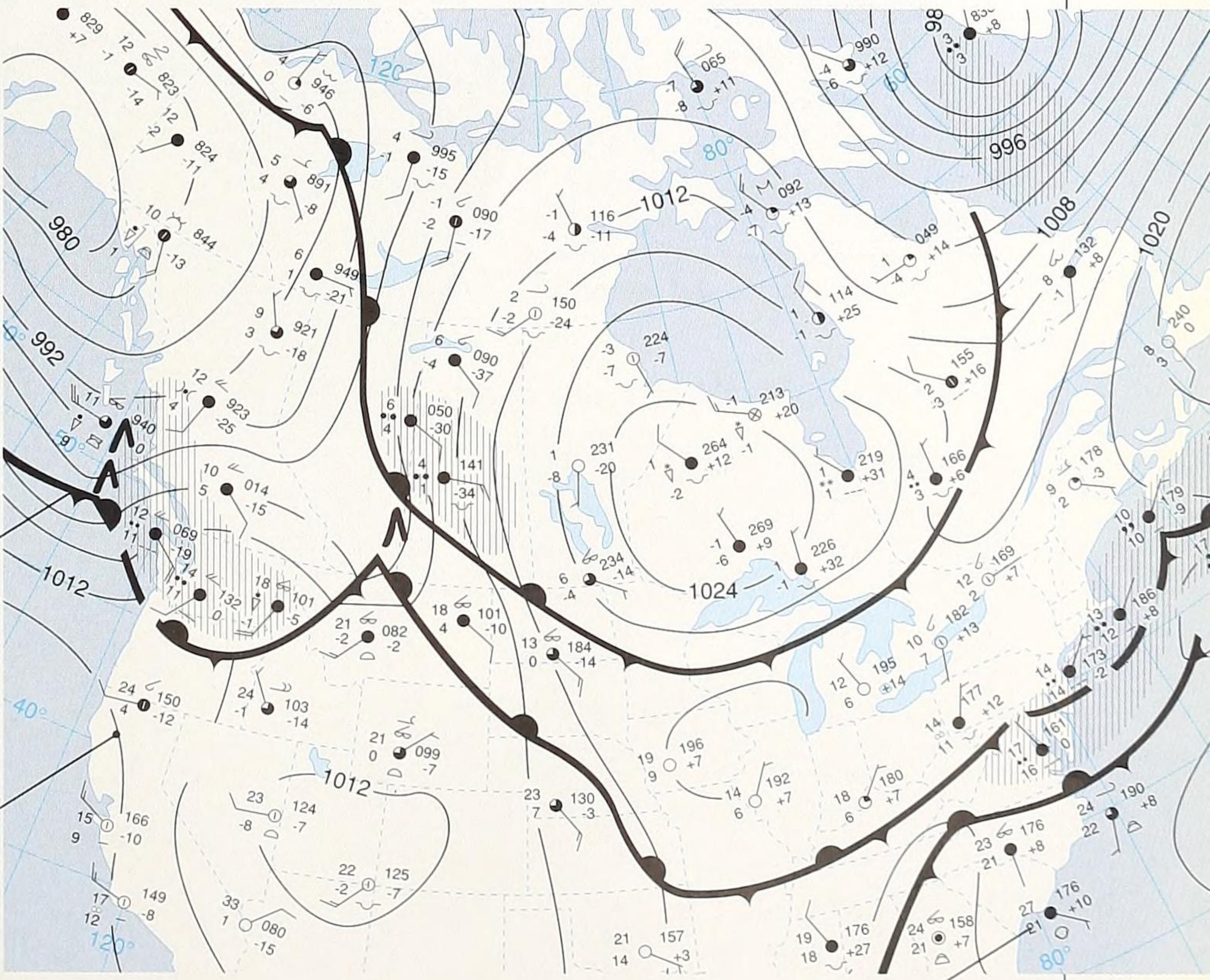


MAPAS METEOROLÓGICOS

Los meteorólogos han desarrollado un complejo sistema de signos gráficos y convenciones para permitirles dar una representación muy precisa del estado atmosférico de una región en un momento dado. Los mapas meteorológicos generalmente no tienen leyendas, ya que este sistema depende de una codificación internacional muy estricta.

Los frentes atmosféricos se muestran con líneas más gruesas.

Las isobaras son líneas que ligan a todos los puntos con la misma presión atmosférica.



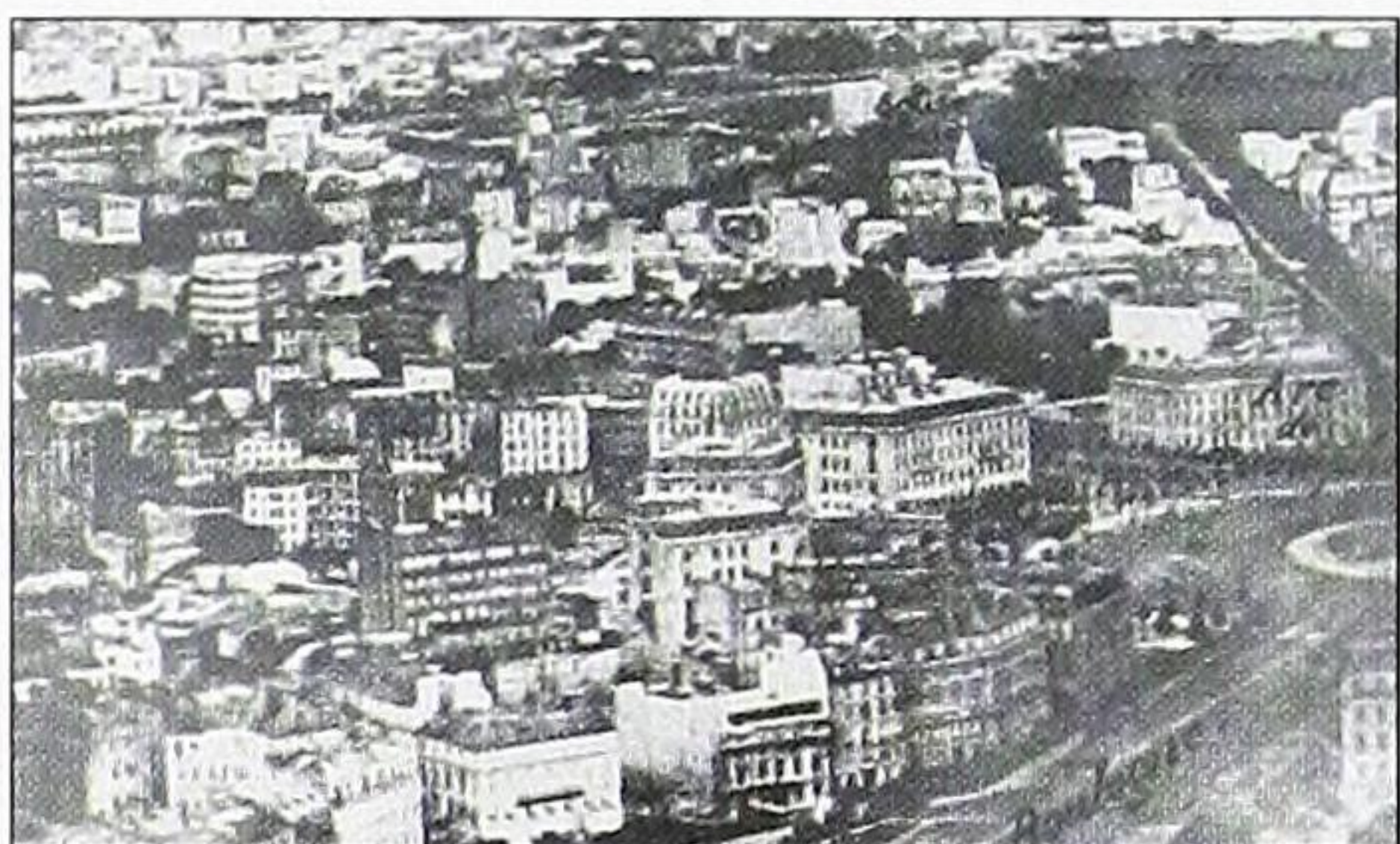
Los símbolos indican el tipo de precipitación y fuerza y dirección de vientos en cada estación meteorológica.



# Detección remota

*La observación de la Tierra desde las alturas*

La mayoría de las estructuras y fenómenos geológicos se extienden por distancias considerables, lo que los hace imposibles de observarse a escala humana. La detección remota, la adquisición de información a distancia, usa diferentes técnicas de imagen (fotografía, radar, sonar) que nos permiten examinar mejor la superficie del planeta. Los datos reunidos tienen aplicaciones en varias disciplinas, de la cartografía a la agricultura.



## FOTOGRAFÍA AÉREA

La fotografía, que captura longitudes de onda en el espectro visible, es el sistema de detección remota más antiguo y simple. Las primeras fotografías aéreas fueron tomadas desde un globo por el francés Félix Nadar en 1858.

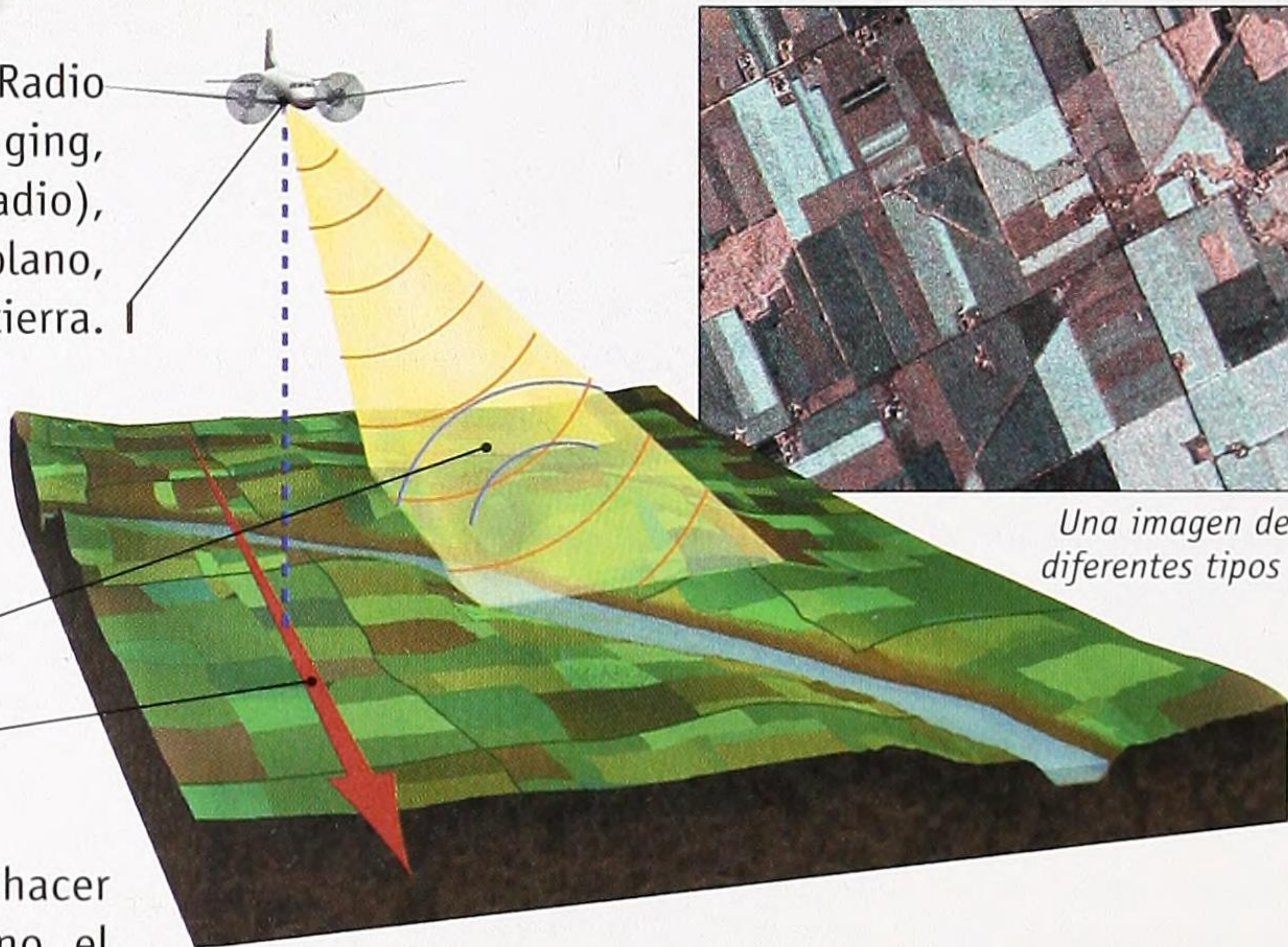
## DETECCIÓN REMOTA POR ECO

El radar y el sonar son instrumentos de detección remota que usan el principio del eco para detectar masas a la distancia. En ambos casos, las ondas se emiten en una cierta frecuencia, luego la parte de la radiación que el objeto refleja es capturada y analizada para determinar su posición y distancia. Los datos recibidos se usan para producir automáticamente una imagen de la zona observada.

El **radar** (acrónimo de Radio Detection and Ranging, detección y rango de radio), instalado en un aeroplano, emite ondas hacia la tierra.

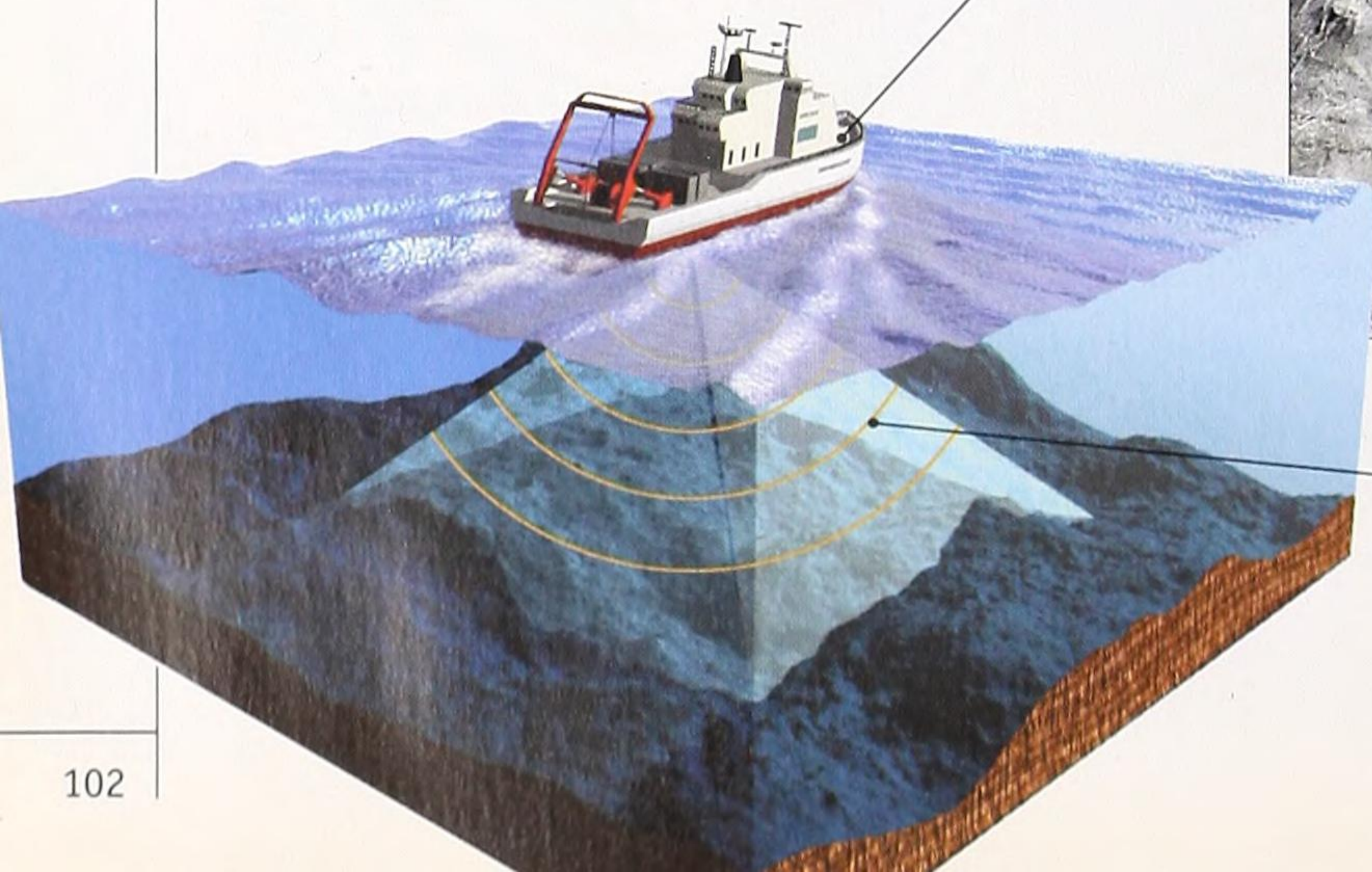
Las **ondas de radio** emitidas por el radar son parcialmente reflejadas por el objetivo

**ruta del avión**



*Una imagen de radar muestra diferentes tipos de vegetación.*

Usado principalmente para hacer los mapas del fondo marino, el **sonar** (Sound Navigation Ranging, rango de navegación por sonido) se instala en un barco.



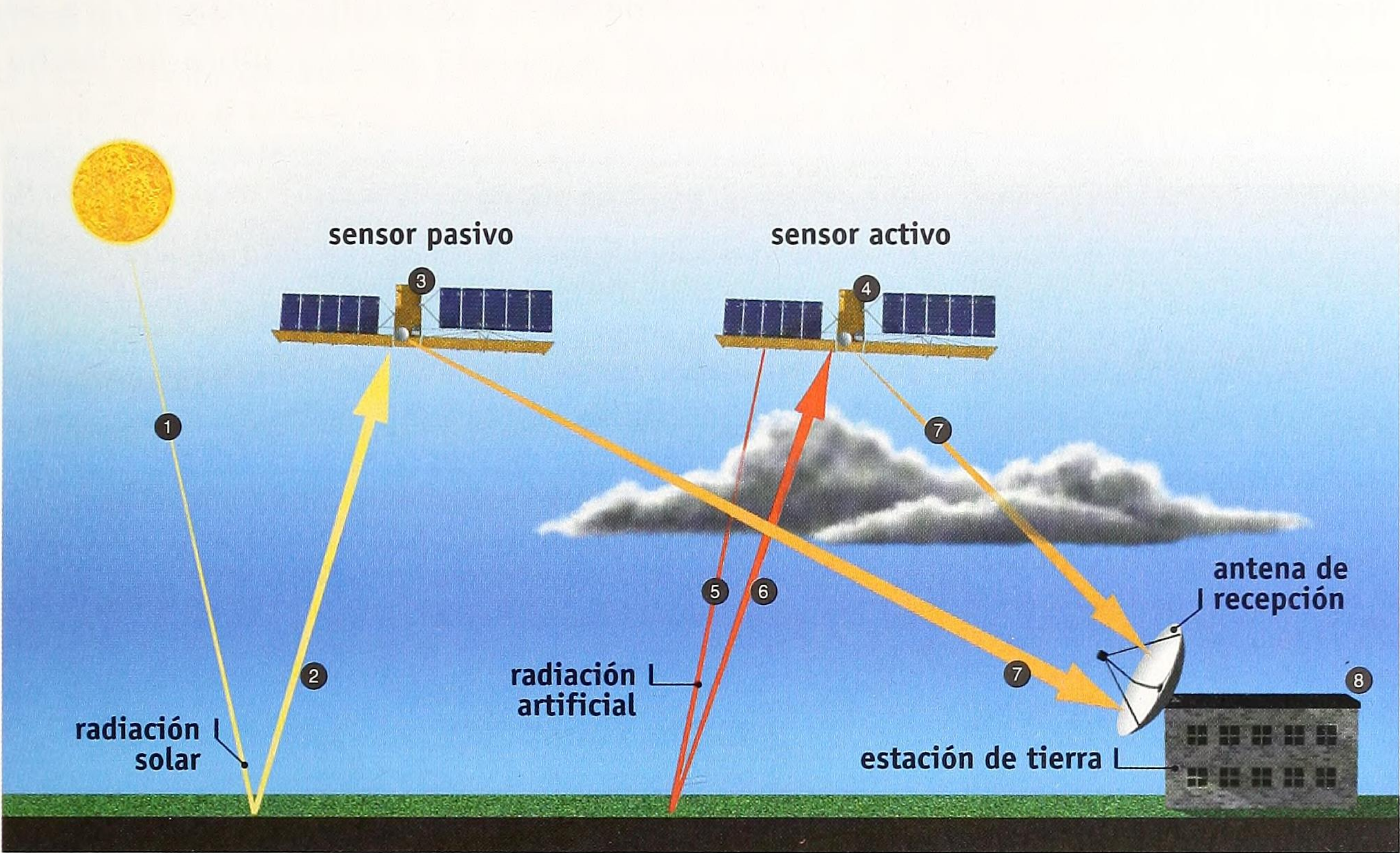
*Una imagen de sonar muestra el relieve del fondo marino.*

Las **ondas de ultrasonido** emitidas por el sonar se reflejan en el fondo marino, con lo que se puede calcular su profundidad con precisión.



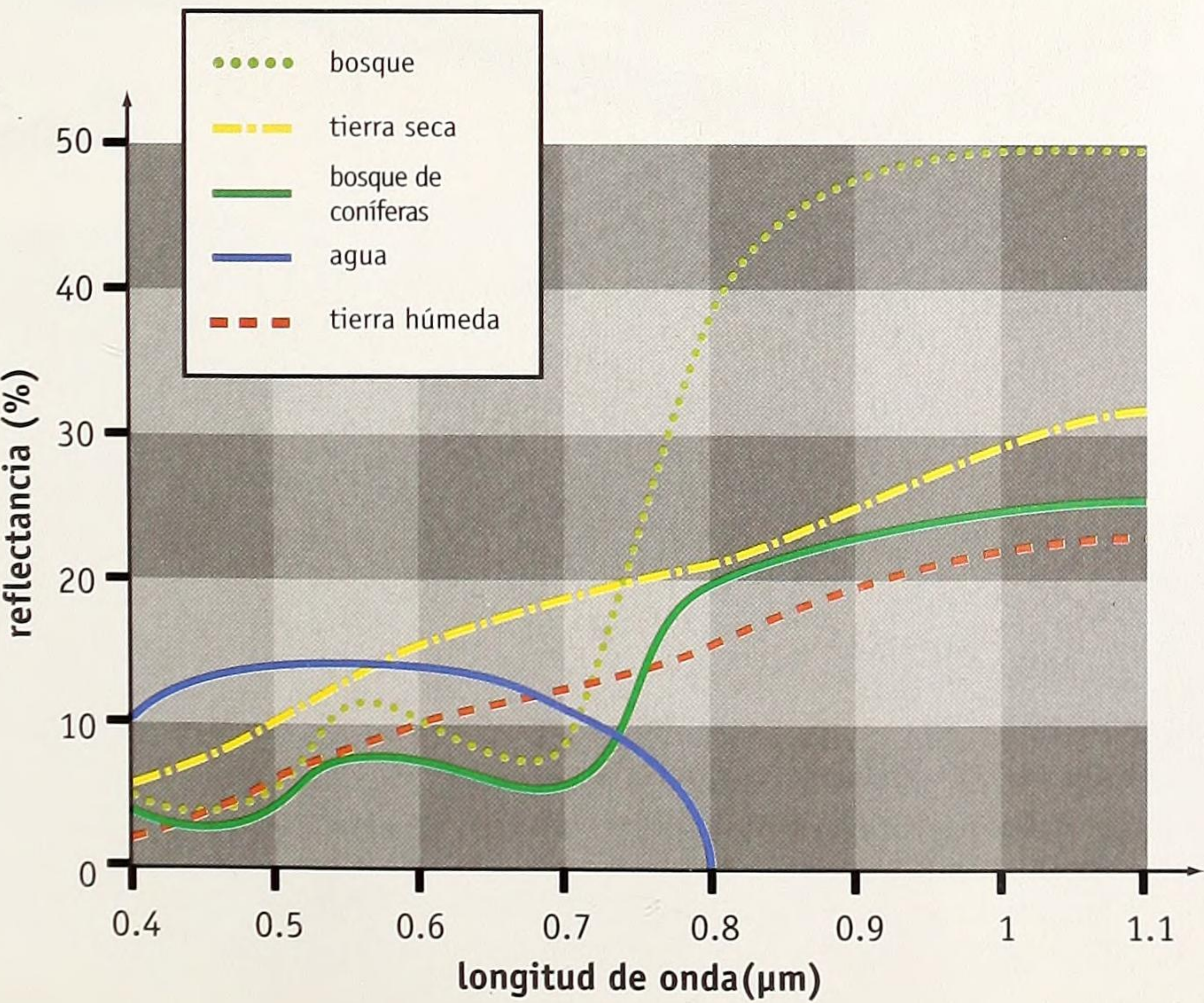
SENSORES PASIVOS Y ACTIVOS

Los satélites que observan la superficie de la Tierra también usan radar. En el proceso clásico de detección remota, la radiación natural del Sol ❶, parcialmente reflejada ❷ por la mayoría de las superficies, es recogida por un sensor pasivo ❸. Pero a veces las condiciones atmosféricas evitan la iluminación solar del objetivo. Entonces se usa un sensor activo ❹, capaz de emitir radiación electromagnética ❺ en diferentes frecuencias y capturar la parte reflejada de la tierra ❻. En ambos casos, el sensor envía ❼ los datos en bruto a la estación de tierra ❽ para su análisis e interpretación.



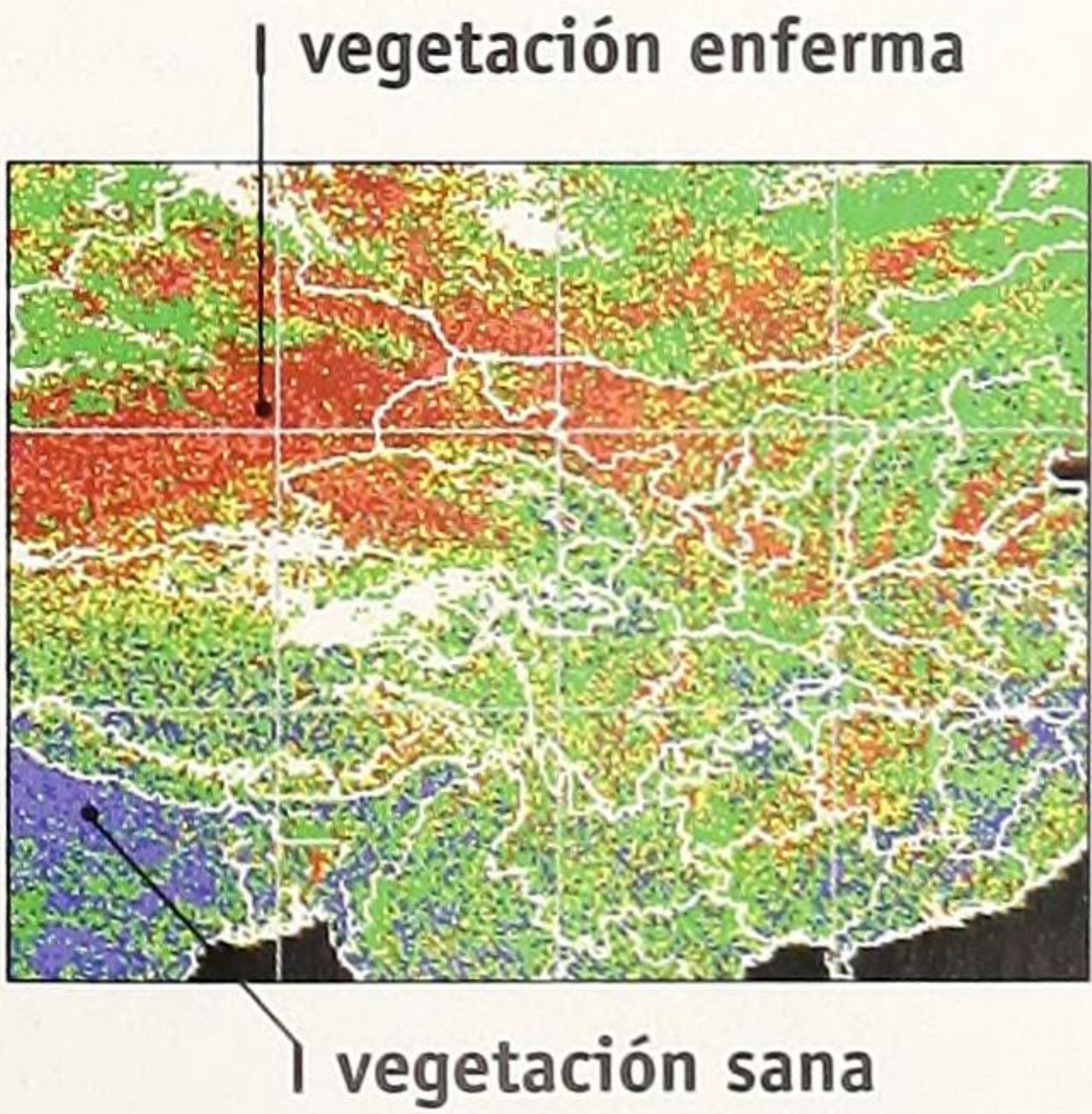
SIGNATURA ESPECTRAL

Cada objeto emite y refleja la radiación electromagnética de acuerdo con sus propiedades físicas. Al medir esta radiación se determina la reflectancia del objeto, la relación entre la radiación que ha recibido y la reflejada en una longitud de onda determinada. Esta conducta espectral de un objeto es su signatura.



SUPERFICIES DISTINTAS

La signatura espectral de un objeto es a veces la única forma de distinguir entre ellos cuando se observan desde el espacio. Mientras una vegetación saludable se ve azul cuando se la detecta en el espectro infrarrojo, los árboles enfermos aparecen en rojo.

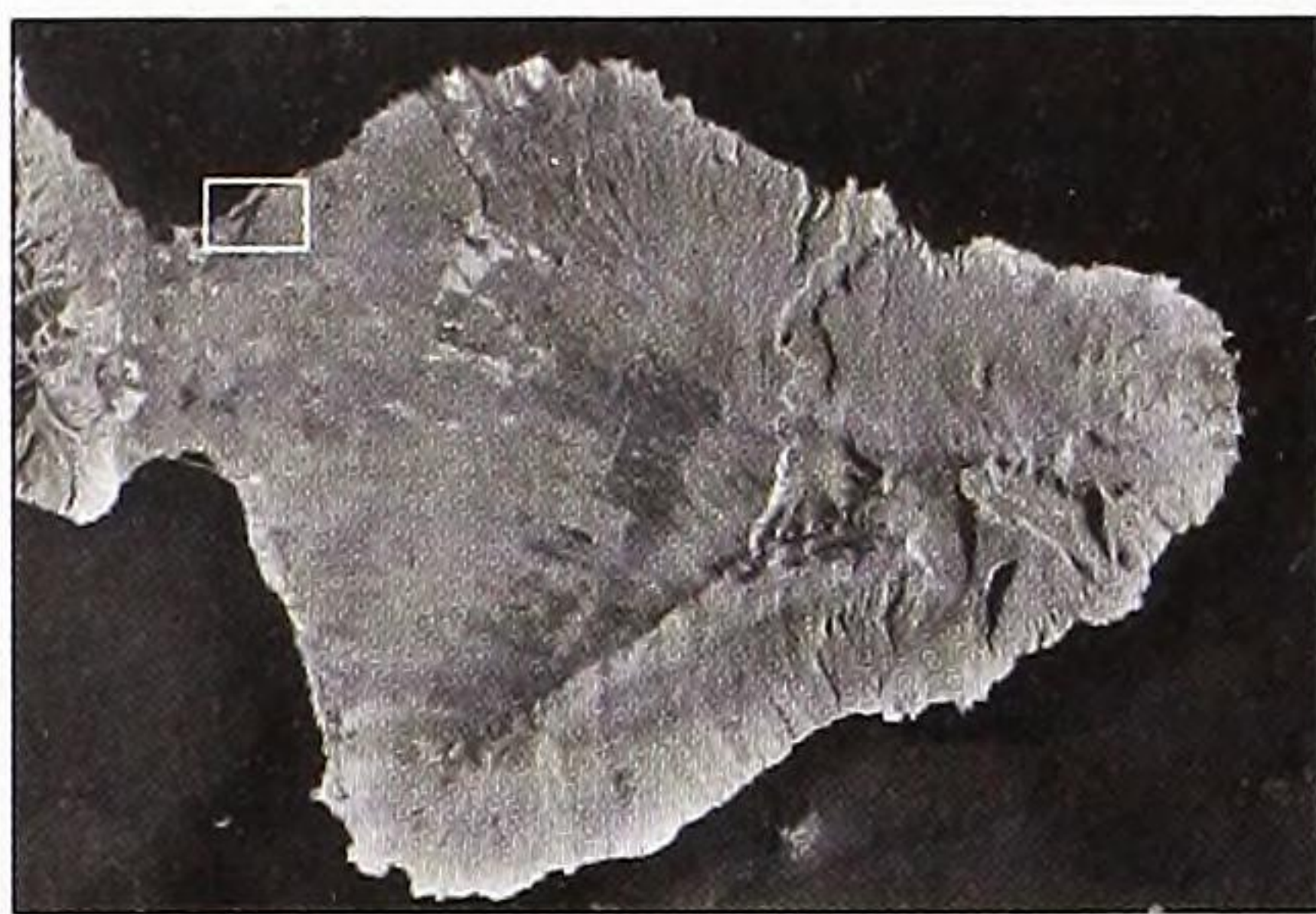




# Satélites y transbordadores

*Ojos en el espacio*

Hasta hace poco no teníamos mapas muy detallados del planeta entero, ya que algunas regiones eran difíciles de acceder y las condiciones climáticas a veces evitaban que los aviones las sobrevolaran o su equipo fotografiara la superficie. El uso del radar por satélites de detección remota ahora ha hecho posible hacer mapas completos y precisos de la superficie de la Tierra.



La observación con un **rayo común** ① muestra la mayoría de las formaciones geológicas de la isla de Maui, en el archipiélago de Hawái.

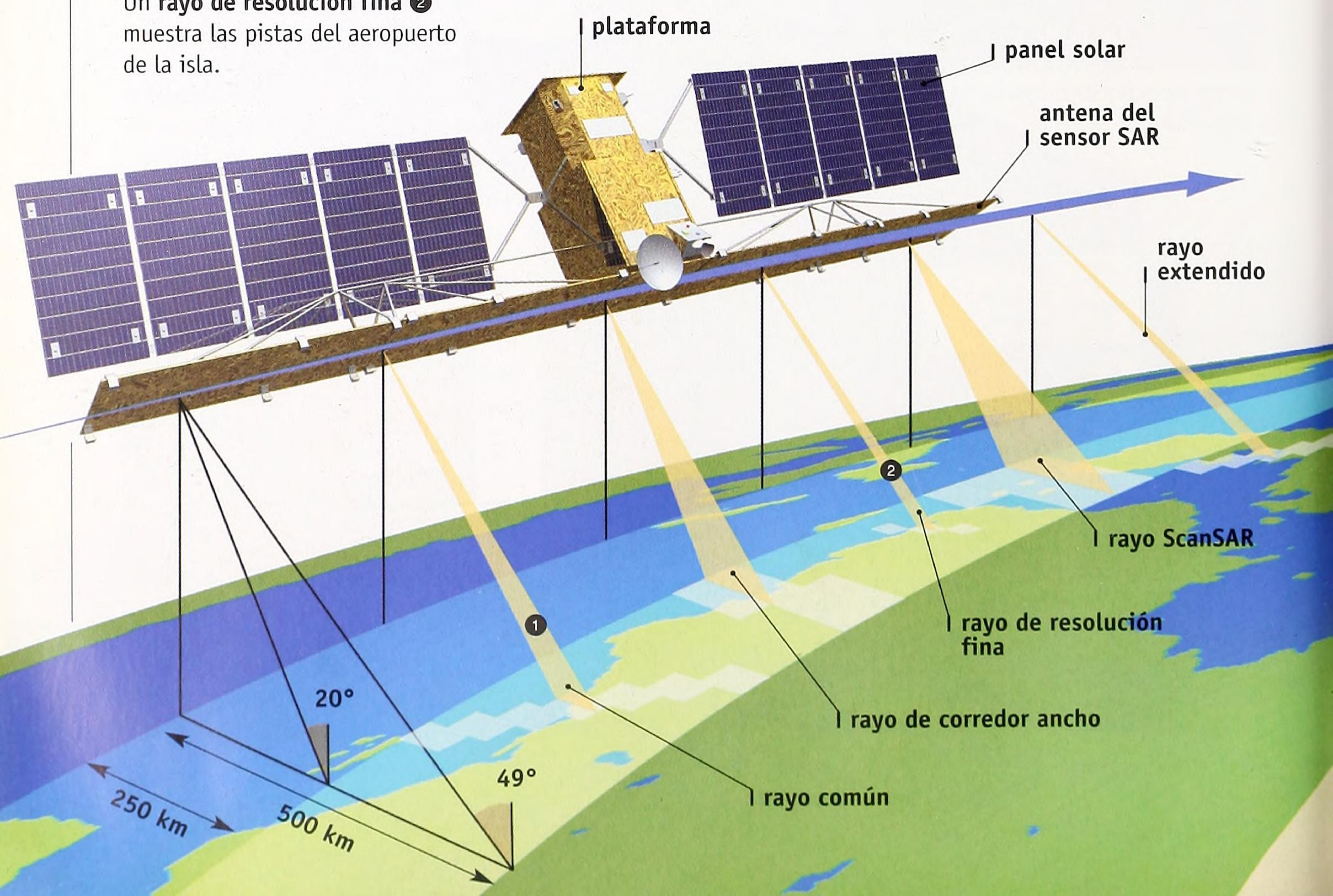
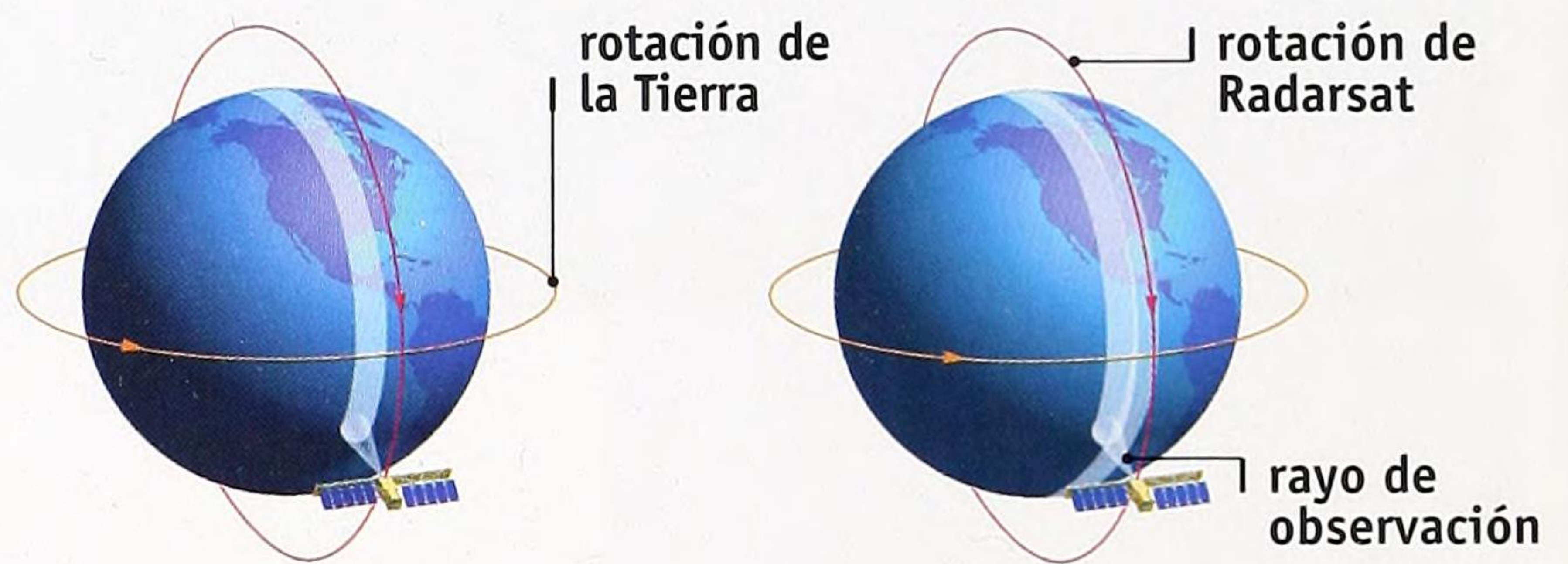


Un **rayo de resolución fina** ② muestra las pistas del aeropuerto de la isla.

## RADARSAT ESTUDIA LA TIERRA

El satélite canadiense Radarsat 1, lanzado en 1995, observa los cambios ambientales y el uso de los recursos de la Tierra. Ya que el satélite tiene una órbita polar y el planeta rota hacia el este, cada paso de Radarsat se cambia al oeste en relación al previo. Esto permite que se cubra toda la superficie de la Tierra.

El potente radar de apertura sintética (SAR) de Radarsat, es capaz de recoger imágenes de la Tierra de día y de noche y en todas las condiciones climáticas. Puede dirigir varios tipos de rayos a lo largo de un corredor de 500 km de ancho a resoluciones entre 8 m y 100 m y a ángulos de incidencia de 20° a 49°.





## LA MISIÓN SRTM

En febrero de 2000, la NASA condujo la misión más ambiciosa de mapeo de la Tierra hasta entonces, llamada SRTM (Shuttle Radar Topography Misión). El sistema SRTM, instalado en el transbordador espacial Endeavor, observó todas las masas de tierra localizadas entre los paralelos 60° norte y 56° sur, donde vive el 95% de la población del mundo. El grupo de imágenes tomadas por el SRTM durante sus diez días de vuelo forman el mapa topográfico más completo y preciso de la Tierra jamás hecho.

## CÓMO MAPEA LA TIERRA EL SRTM

La antena principal del SRTM emite ondas de radio en la banda C (3.9 – 6.2 GHz) y en la banda X (5.2 – 10.9 GHz) hacia la zona que se va a mapear. La zona refleja la radiación con una intensidad que depende de la naturaleza de su superficie y su relieve. Las dos antenas del SRTM (principal y externa), recogen la combinación digital de las señales, haciendo posible la generación de una imagen tridimensional de la zona observada.

El **mástil** del SRTM, de 60 m de largo, es la estructura rígida más larga jamás desplegada en órbita después de la Estación Espacial Internacional.

antena externa

Los rayos de **banda C** cubren un corredor de 225 km.

Los rayos de **banda X** limitados por un corredor de 50 km, proporcionan imágenes de resolución más alta.

La **antena principal** emite a la Tierra 1,500 pulsos de radar por segundo.

## LAS APLICACIONES

Los científicos usan los datos del SRTM para conducir estudios geológicos, hidrológicos y geofísicos. Las aplicaciones civiles van desde la administración de los usos de la tierra a la instalación de redes de telefonía celular. La milicia norteamericana usará estos mapas topográficos extremadamente precisos para entrenamiento de personal, planeación logística y sistemas de guía de misiles.



La isla de Hokkaido en Japón. La altitud está representada por diferentes colores, desde el azul para las áreas más bajas al blanco para las más altas.



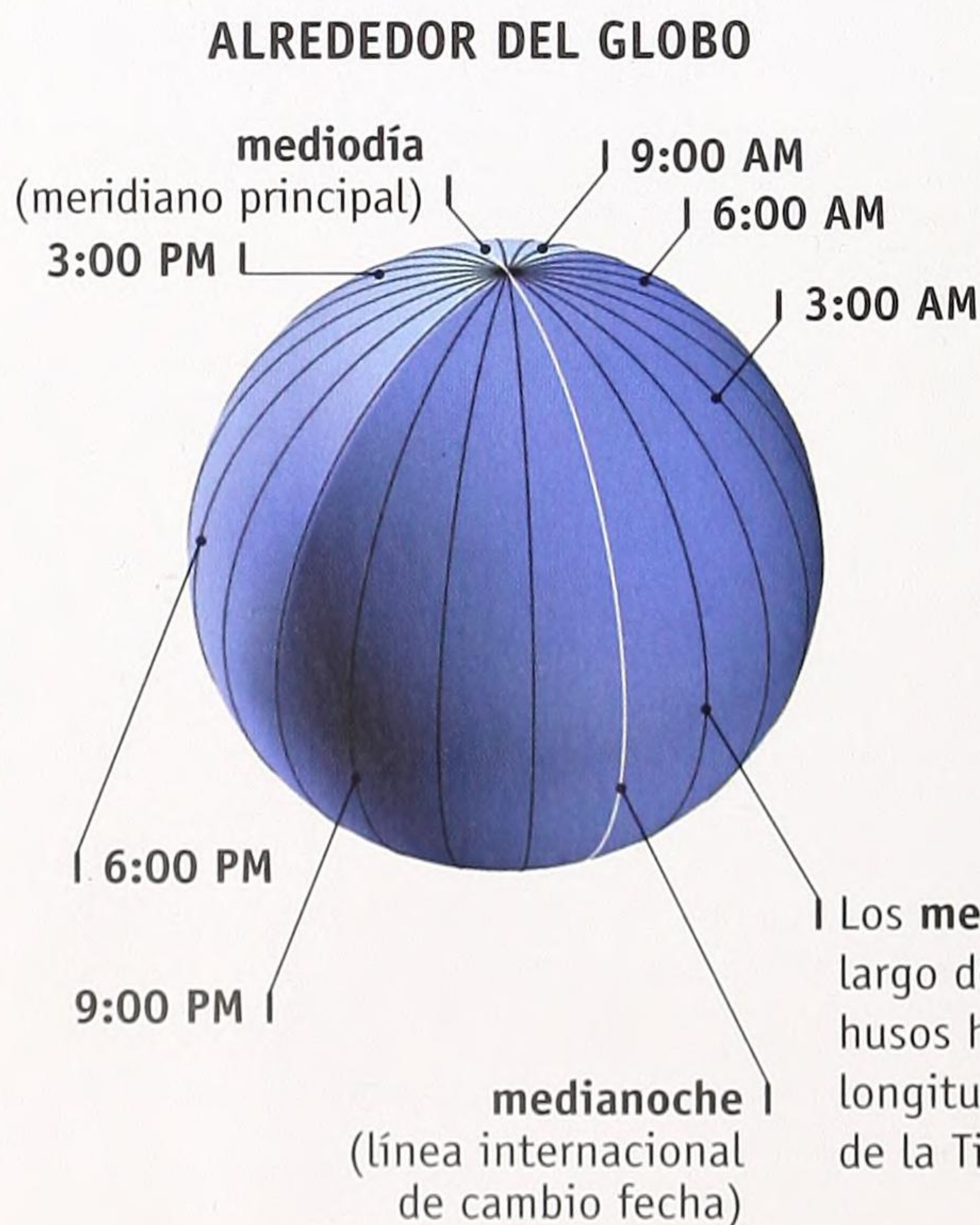
# Husos horarios

*El mundo en 24 horas*

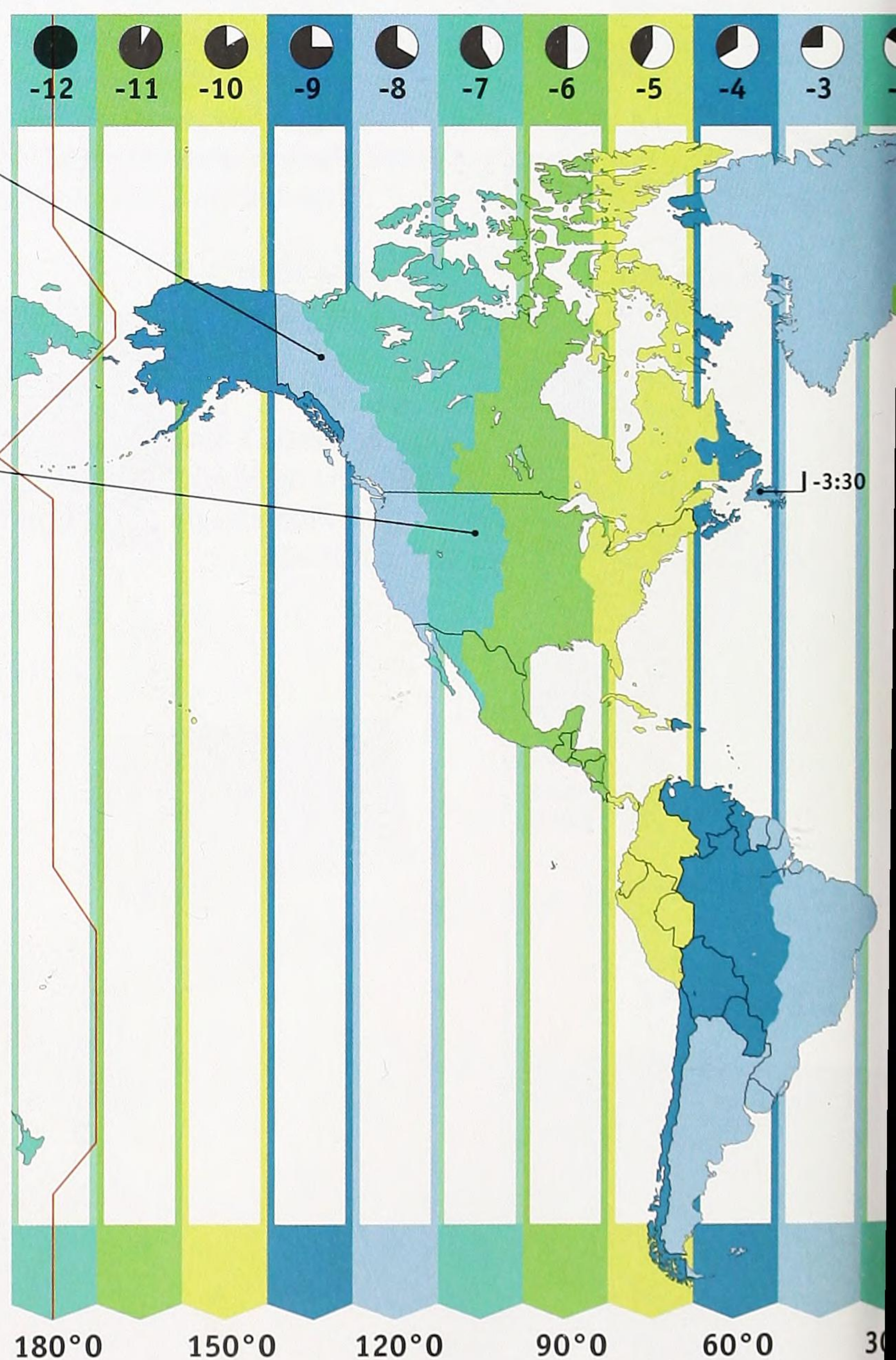
El tiempo solar, que se calcula de acuerdo con la posición del Sol en el cielo, es diferente en cada meridiano; por lo tanto no se puede usar como referencia común. El desarrollo de la transportación y las comunicaciones en el siglo XIX llevó a diferentes países a instituir un sistema internacional que hiciera sencillo establecer el tiempo en todos los puntos del planeta. En 1883, la superficie de la Tierra se dividió en 24 husos horarios, zonas imaginarias extendidas uniformemente alrededor del globo. Cada una de esas zonas tiene una sola hora estándar, determinada en relación a la hora estándar en la zona de Greenwich (Inglaterra).

Por razones prácticas, los husos horarios a menudo respetan las fronteras políticas entre las naciones. En **Canadá**, generalmente siguen las divisiones entre provincias.

La parte continental de **Estados Unidos**, que se extiende más de 60°, tiene cuatro husos horarios: Este, Central, de la Montaña y del Pacífico.



Los **meridianos** son líneas imaginarias que unen los dos polos, a lo largo de los que la hora solar es la misma. Cada uno de los 24 husos horarios está limitado por dos meridianos separados por una longitud de 15°, un ángulo equivalente a 1/24 de la circunferencia de la Tierra.





LA HORA DE GREENWICH

La supremacía de la Gran Bretaña en el siglo XIX determinó la elección del meridiano de Greenwich, la ubicación de un viejo observatorio (foto a la derecha), como la referencia universal para el tiempo. La hora civil en Greenwich, llamada Universal Time (UT), es el punto de referencia en todo el planeta. Para obtener la hora legal de un lugar, se suman o restan del UT el número de horas equivalente al número de husos horarios que lo separan de la hora de Greenwich.



Al meridiano de Greenwich se le llama **meridiano principal**, o de referencia, ya que se usa convencionalmente como punto de referencia para la división longitudinal del planeta.

El territorio de la **Federación Rusa** está dividido en 10 husos horarios.

**China** tiene un solo huso horario, aun cuando su territorio se extiende por más de 60° de longitud.



Algunos países como la **India**, han elegido una hora legal corrida en media hora de los husos horarios vecinos.

La **línea internacional de cambio de fecha** se localiza en el Océano Pacífico, a una longitud de 180°, o sea directamente opuesta al meridiano de Greenwich. Cuando cruzamos esta línea, vamos hacia atrás o hacia delante un día, dependiendo si viajamos hacia el este o el oeste. La línea se desvía en varios lugares para evitar que algunos países o islas queden divididos en dos fechas distintas.





A diferencia de las innumerables islas pequeñas del planeta, muchas de las cuales están formadas por la acción volcánica, los siete continentes están unidos a las grandes masas tectónicas, las placas continentales. Desde la cordillera de los Andes hasta el desierto del Sahara, desde la Gran Barrera de Coral al Río Amarillo, desde la capa de hielo antártico hasta el cráter del Monte Vesubio, en esta sección exploramos la gran diversidad de nuestro planeta y las características de su relieve.







# Los continentes

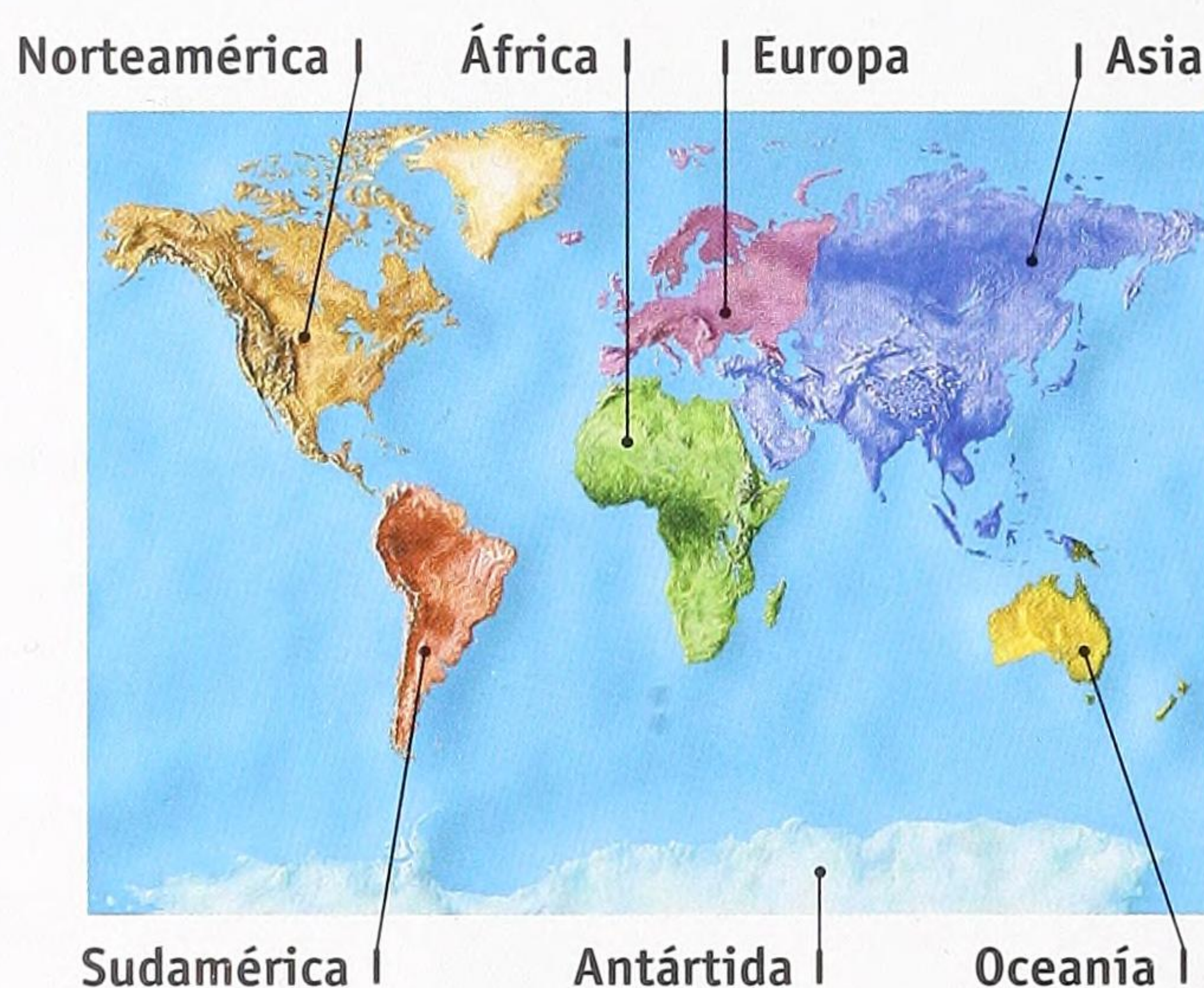
- 110 **La configuración de los continentes**  
*Las grandes masas de tierra del planeta*
- 111 **Antártica**  
*Los confines de la Tierra*
- 112 **Norteamérica**  
*Un continente con grandes espacios abiertos*
- 114 **Sudamérica**  
*Un continente de contrastes*
- 116 **Europa**  
*Una península de costa irregular*
- 118 **Asia**  
*El continente más grande de la Tierra*
- 120 **Oceanía**  
*Una multitud de islas en el Pacífico*
- 122 **África**  
*Un continente plano limitado por un relieve escarpado*



# Configuración de los continentes

## Las áreas de tierra del planeta

Los continentes son vastas extensiones de tierra rodeadas por agua. Representan cerca de un tercio de la superficie del planeta. Cada uno tienen muy diferentes características e incluso diversos límites, dependiendo de quién mida los continentes. Generalmente, los geógrafos consideran la parte de tierra que no está debajo de la superficie de agua, mientras que los geólogos incluyen los límites de la costa: las plataformas continentales que se extienden debajo del mar y terminan en vertientes que van más allá de donde comienzan las cuencas de ríos y lagos.



### LOS SIETE CONTINENTES

En la actualidad la tierra se divide en siete continentes: Europa, Asia, África, Norteamérica, Sudamérica, Oceanía y Antártida. Por razones históricas y etnológicas, los geógrafos han dividido Europa y Asia, las cuales en realidad forman un solo y largo continente: Euroasia.

### LA ESTRUCTURA DE LOS CONTINENTES

A través del tiempo, diferentes factores (placa tectónica, vulcanismo, erosión, sedimentación, etc.) han transformado los relieves de la Tierra y sus continentes. De acuerdo con sus diferencias, los continentes tienen áreas más antiguas (más estables) y más jóvenes (más activas). Cada uno descansa sobre una plataforma de roca, que data del Precámbrico, alrededor del cual hay cuencas sedimentarias y diferentes tipos de montañas (cimas redondas, localizadas cerca de las plataformas) o más recientes (inclinadas, cerca de las costas).

La **placa** o plataforma contiene las capas geológicas más antiguas y generalmente está localizada en el interior de los continentes.

**Cuencas sedimentarias**, están localizadas en zonas adyacentes y son depresiones en las que se ha acumulado el sedimento.

**Cadenas de montañas** rodean el sistema del continente y se encuentran cerca de las plataformas o en el borde las costas.





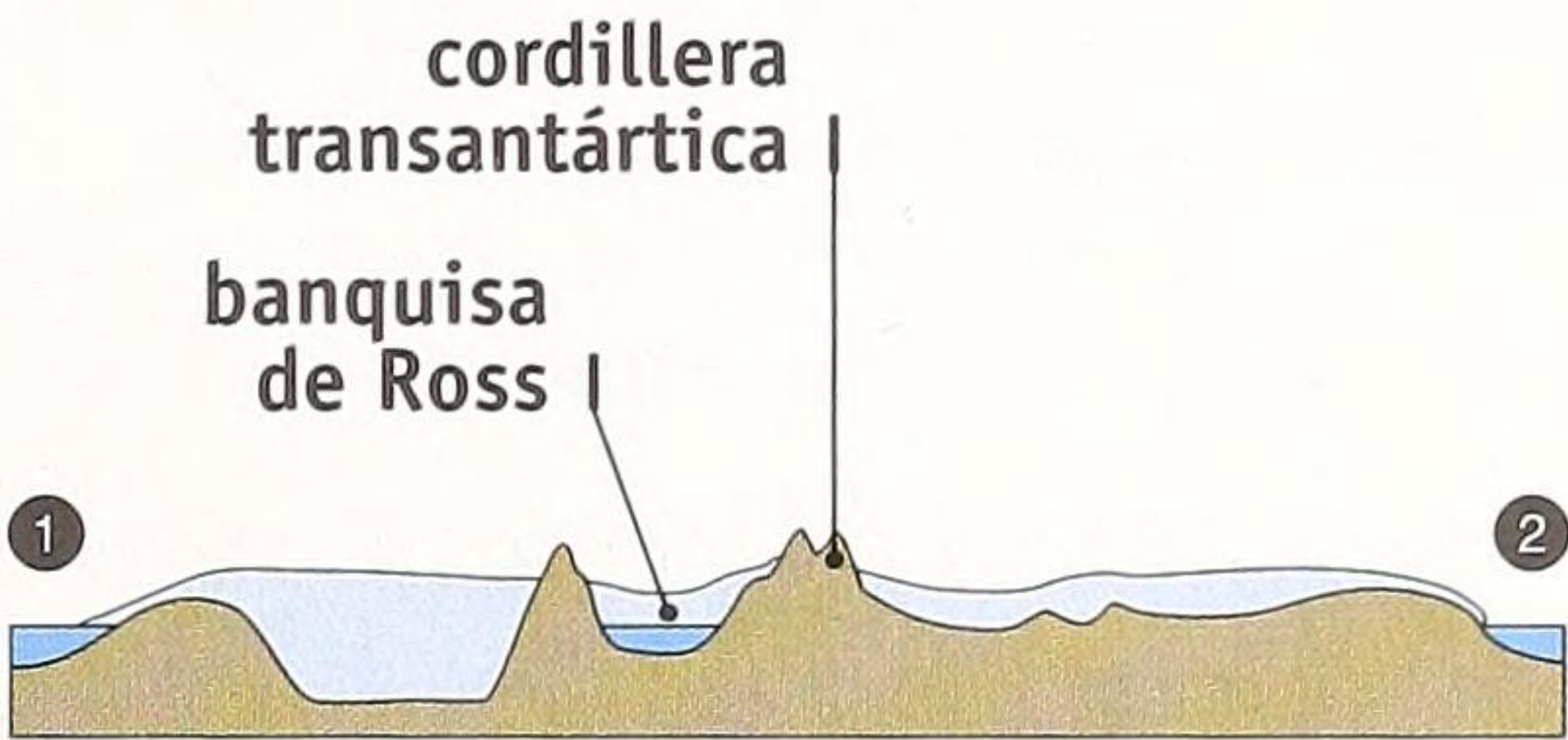
# Antártida

## En los confines de la Tierra

Único continente deshabitado, la Antártida es sin embargo mayor que Europa o Australia. Con una superficie total de 14 200 000 km<sup>2</sup>, está recubierta en su 98% por un casquete glaciar que alcanza en algunas partes más de 4,000 metros de espesor. Esta capa de hielo, que se llama inlandsis, encierra el 90% de las reservas de agua dulce del globo (30 millones de km<sup>3</sup>). Algunos afloramientos rocosos que aquí emergen constituyen los únicos espacios sin hielo.

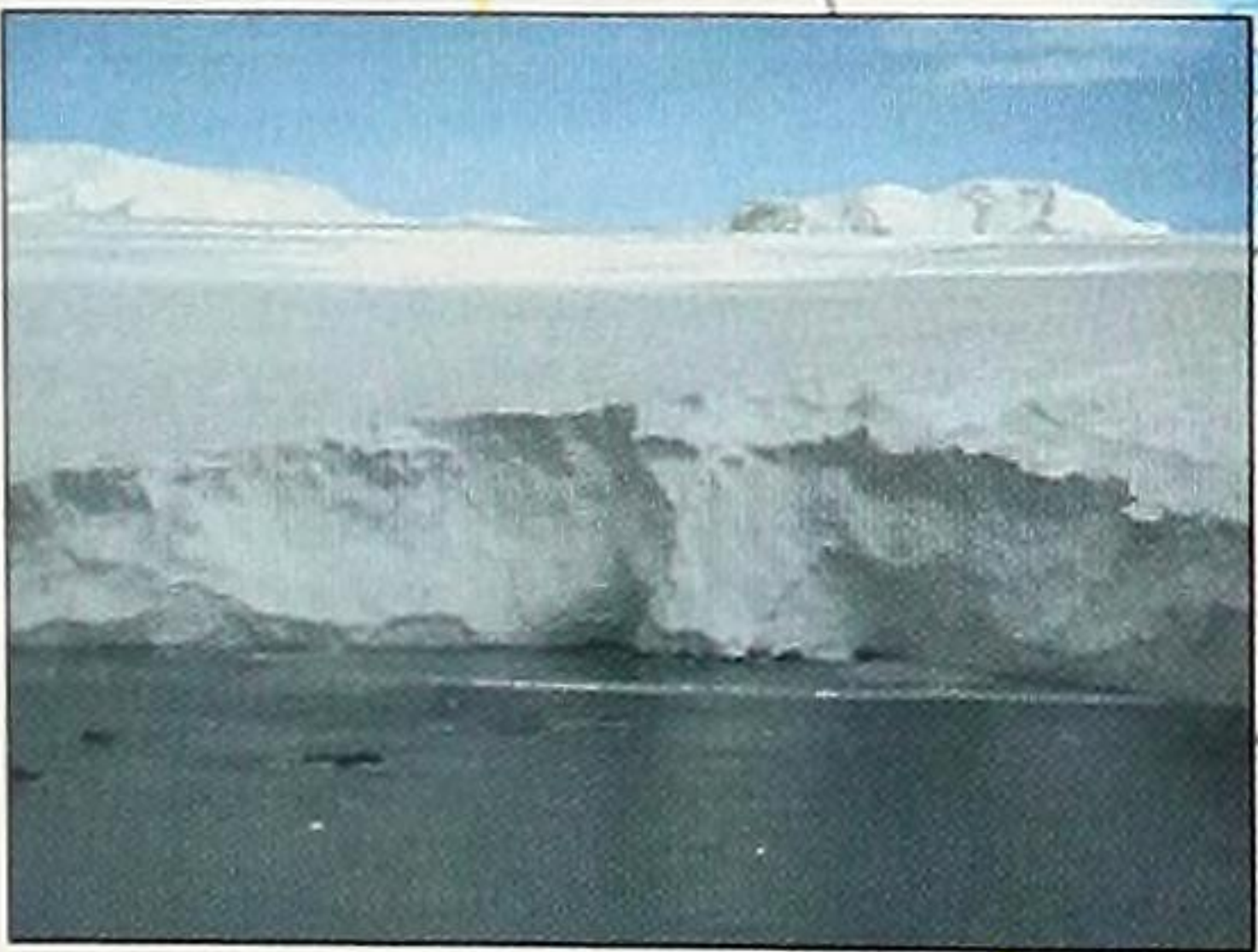
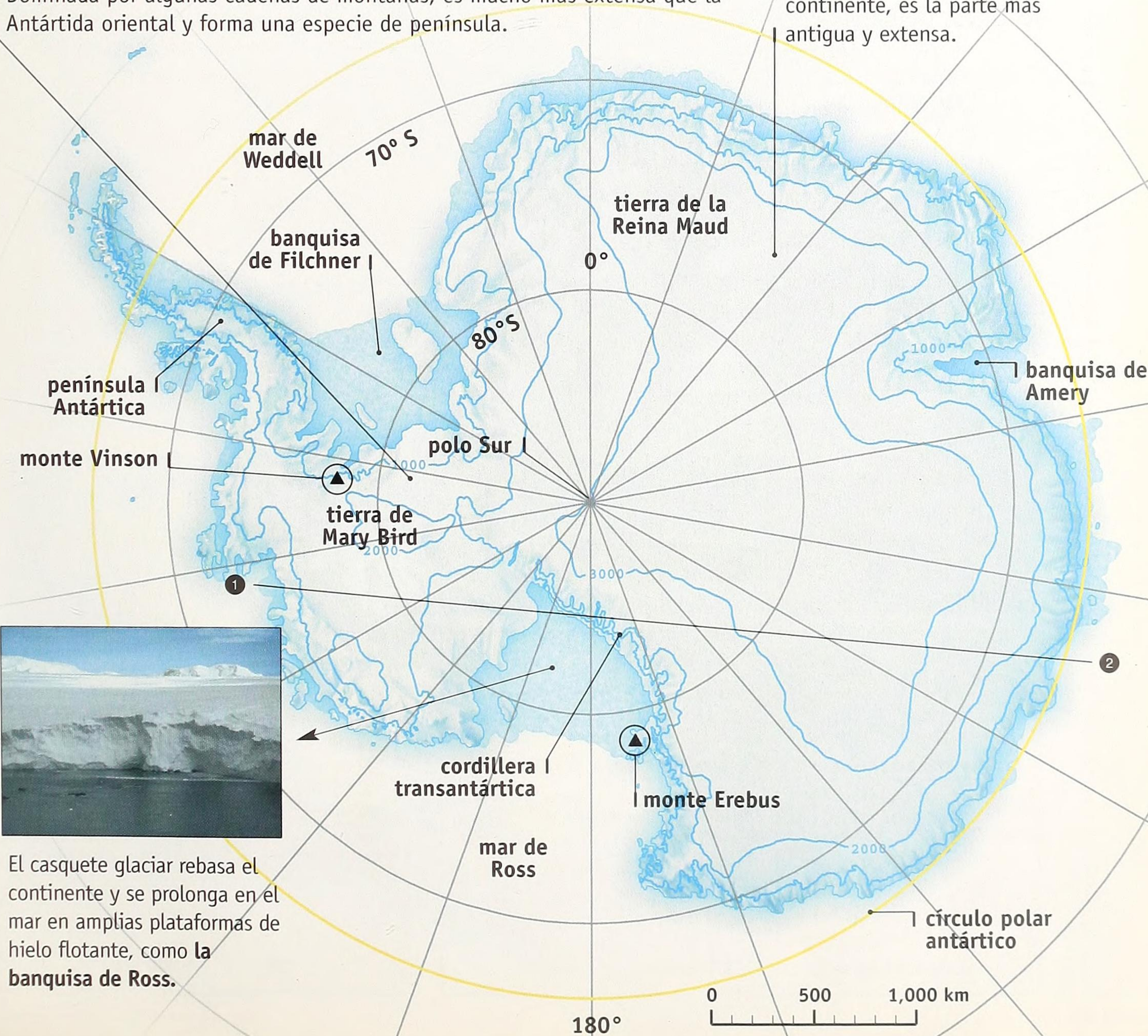
Los continentes

| LA ANTÁRTIDA EN NÚMEROS |                            |
|-------------------------|----------------------------|
| superficie total        | 14,200,000 km <sup>2</sup> |
| punto más elevado       | monte Vinson 5,140 m       |



La **Antártida occidental**, constituida sobre todo por cuencas sedimentarias, está en su mayor parte situada bajo el nivel del mar, forma numerosas islas limítrofes que el hielo une las unas con las otras. Dominada por algunas cadenas de montañas, es mucho más extensa que la Antártida oriental y forma una especie de península.

La **Antártida oriental**, que forma la plataforma del continente, es la parte más antigua y extensa.



El casquete glaciar rebasa el continente y se prolonga en el mar en amplias plataformas de hielo flotante, como la **banquisa de Ross**.



# Norteamérica

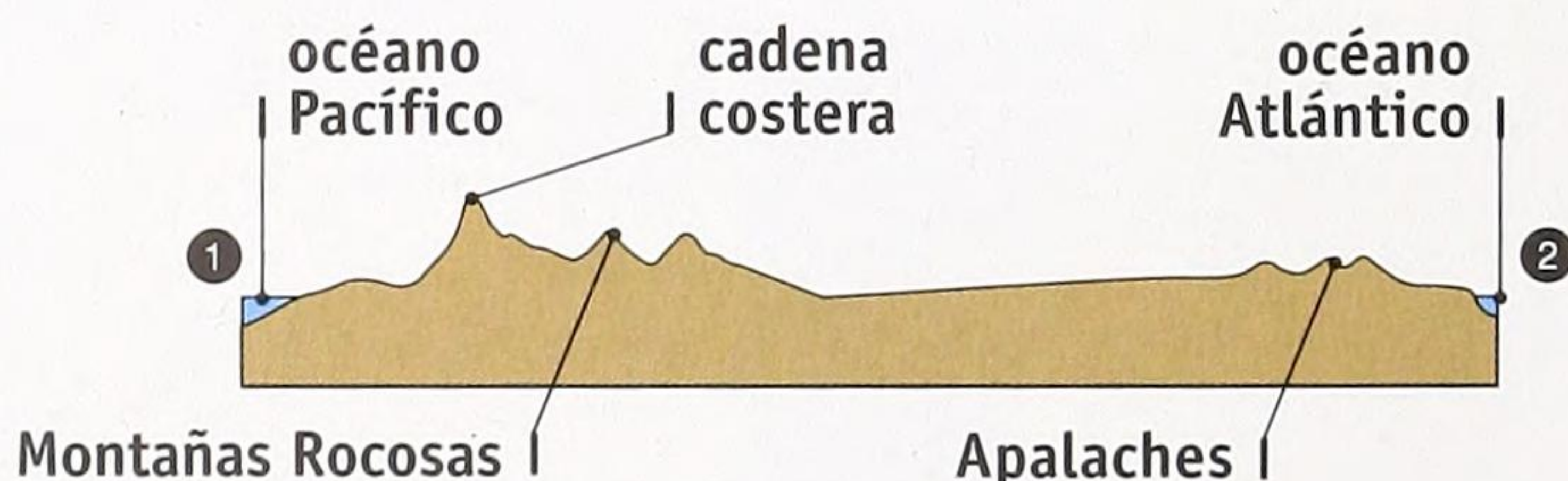
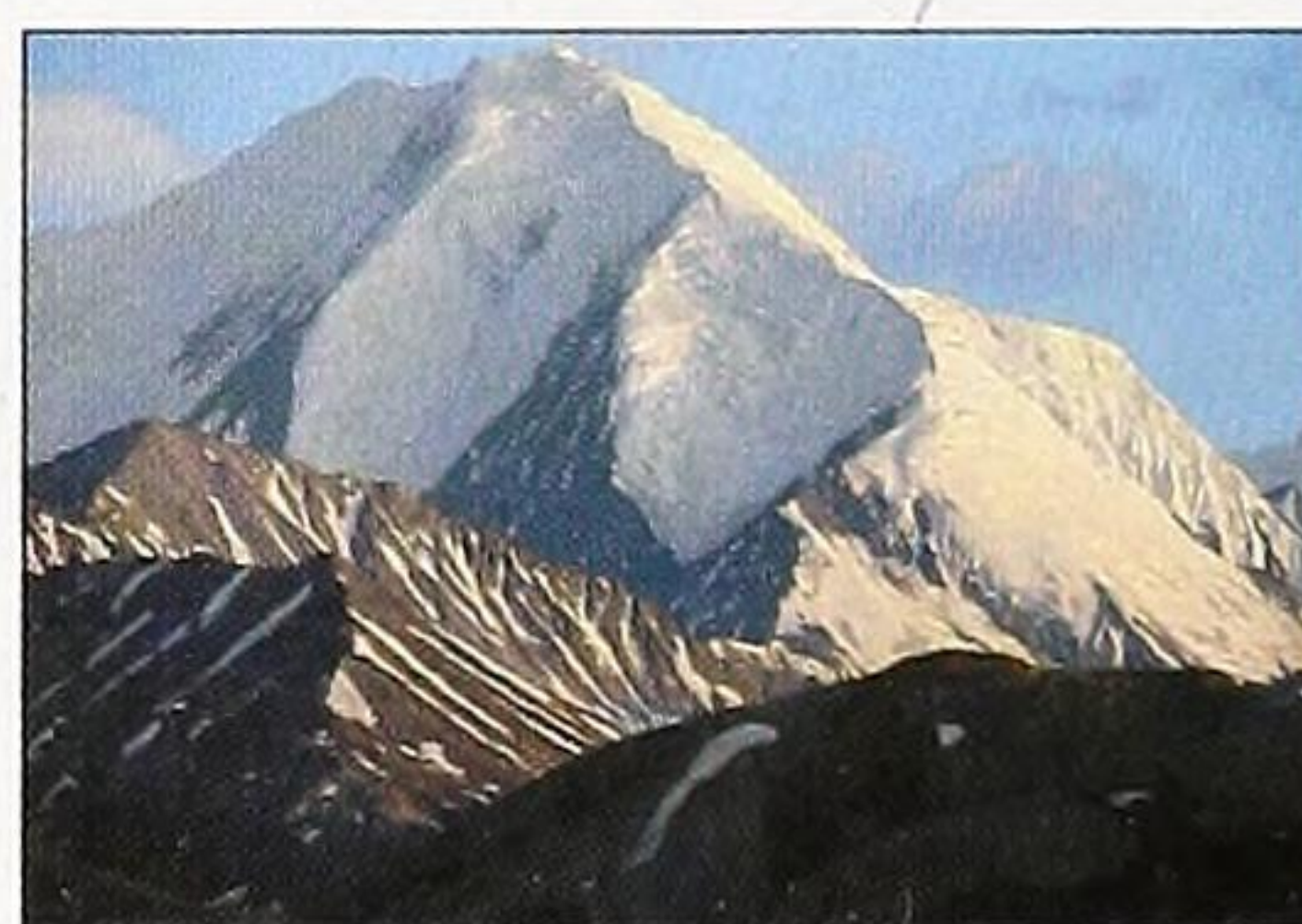
*El continente de los grandes espacios*

Norteamérica, que representa alrededor del 16% de las tierras emergidas del planeta, está delimitada por los océanos Pacífico, Atlántico y Ártico. La zona más antigua del continente, el escudo canadiense, bordea la bahía de Hudson. Por todos los lados, las grandes cuencas hidrográficas (San Lorenzo y los Grandes Lagos, el Mississippi y el Mackenzie) ocupan la plataforma norteamericana.

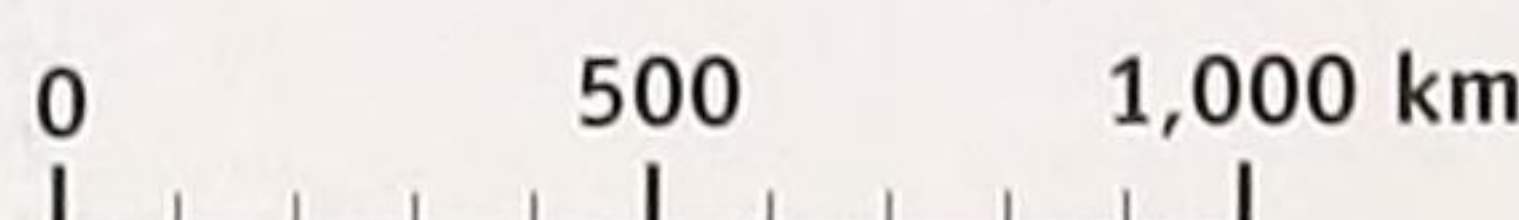
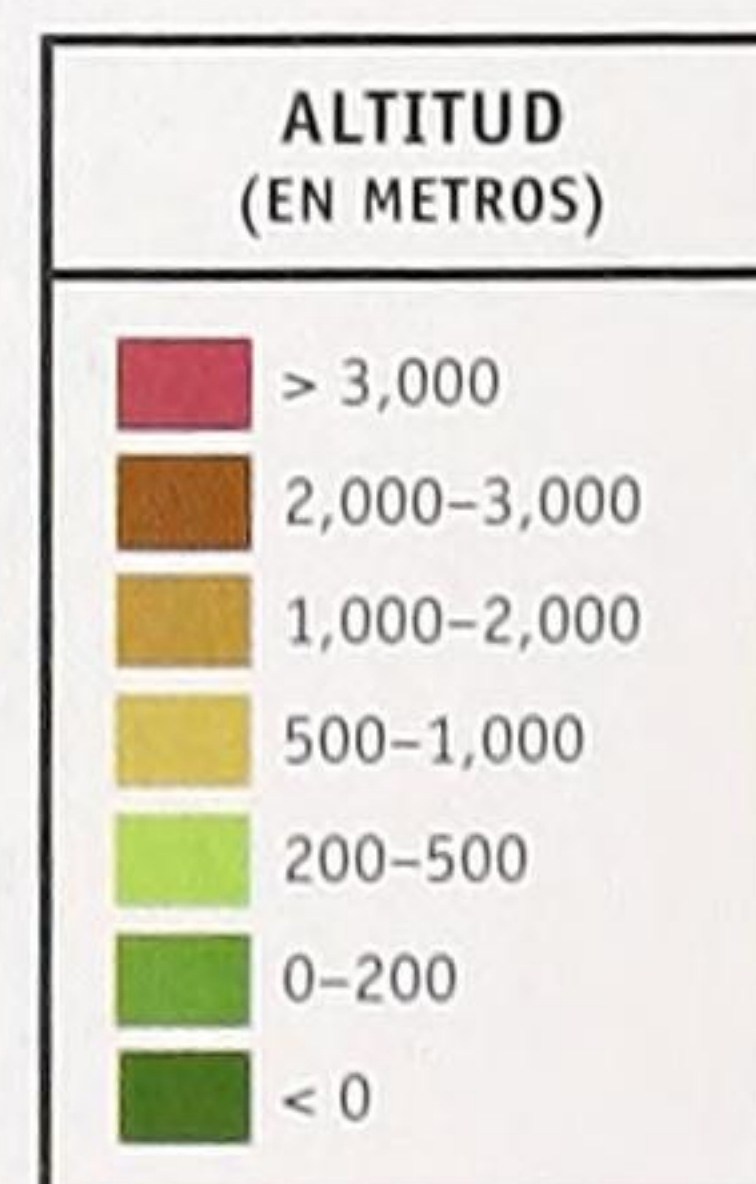
Mientras que las antiguas montañas erosionadas de los Apalaches constituyen el relieve principal del Este del continente, el Oeste está marcado por una alta cadena montañosa (Montañas Rocosas, Sierra Madre) que bordea toda la costa del Pacífico, de Alaska a México. Este macizo se prolonga por el istmo de América central que, con su serie de islas que forman las Pequeñas y Grandes Antillas, delimita el mar del Caribe.

La cordillera occidental comprende, al norte, las montañas Rocosas, y al sur, la Sierra Madre. El **Monte Mackinley**, situado en Alaska, es la cima más alta de Norteamérica.

El **Valle de la Muerte** profundo foso de hundimiento situado 86 m por debajo del nivel del mar, en California, es una zona excepcionalmente árida.



| NORTEAMÉRICA EN NÚMEROS |                                       |
|-------------------------|---------------------------------------|
| superficie total        | 24,235,583 km <sup>2</sup>            |
| punto más elevado       | monte Mackinley 6,194 m               |
| punto menos elevado     | Valle de la Muerte -86 m              |
| río más largo           | Mississippi-Missouri 5,970 km         |
| lago más grande         | lago Superior 82,100 km <sup>2</sup>  |
| isla más grande         | Groenlandia 2,175,000 km <sup>2</sup> |







océano Ártico

40° 0

120° 0

100° 0

80° 0

60° 0

1000

2000

3000

Isla de Baffin

círculo polar ártico

**Groenlandia**, que ocupa más de 2 millones de kilómetros cuadrados, es la mayor isla del mundo, a excepción de Australia, que a menudo es considerada como un continente.

río Mackenzie

bahía de Hudson

montañas Rocosas

escudo canadiense

isla de Terranova

El **Lago Superior** es el más amplio de los grandes lagos. Este auténtico mar interior constituye la mayor superficie de agua dulce del planeta.

río San Lorenzo

océano Atlántico

Gran Cañón

río Missouri

Apalaches

El istmo de Panamá es una estrecha franja de tierra de 50 km de anchura. El **canal de Panamá**, que comunica el mar del Caribe con el océano Pacífico, constituye el límite meridional de América Central.



Sierra Madre

río Grande

río Mississippi

golfo de México

golfo de California

Grandes Antillas

mar del Caribe

Pequeñas Antillas

América Central

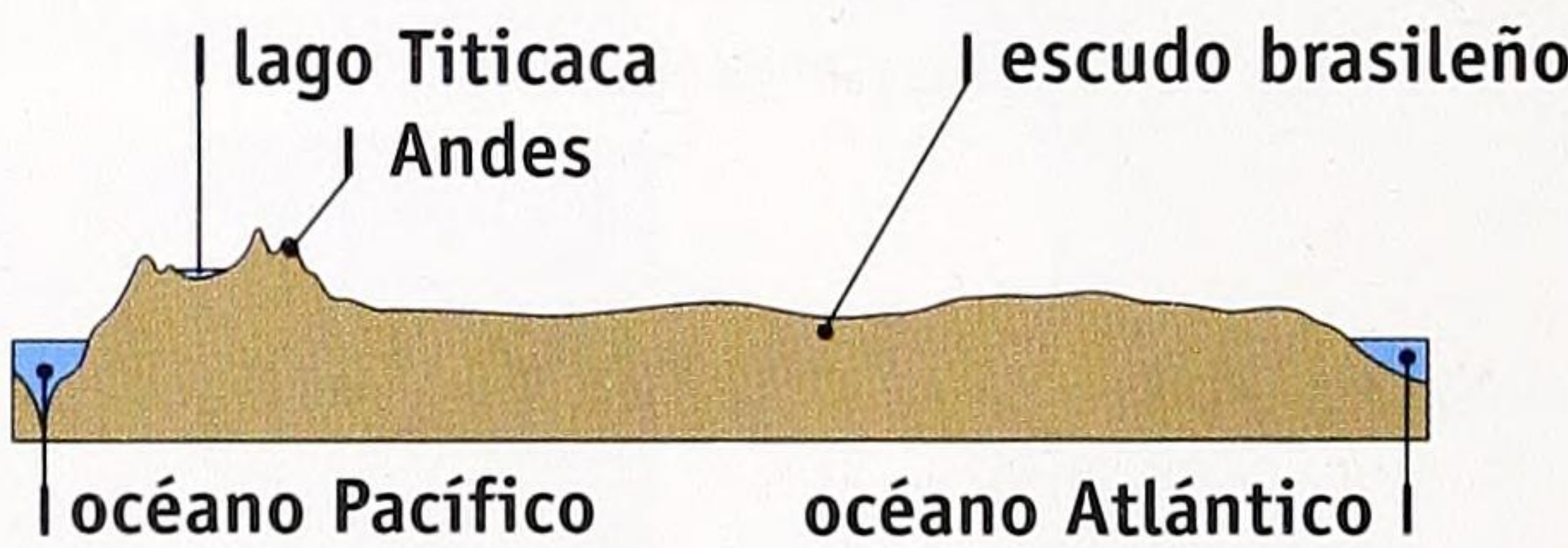
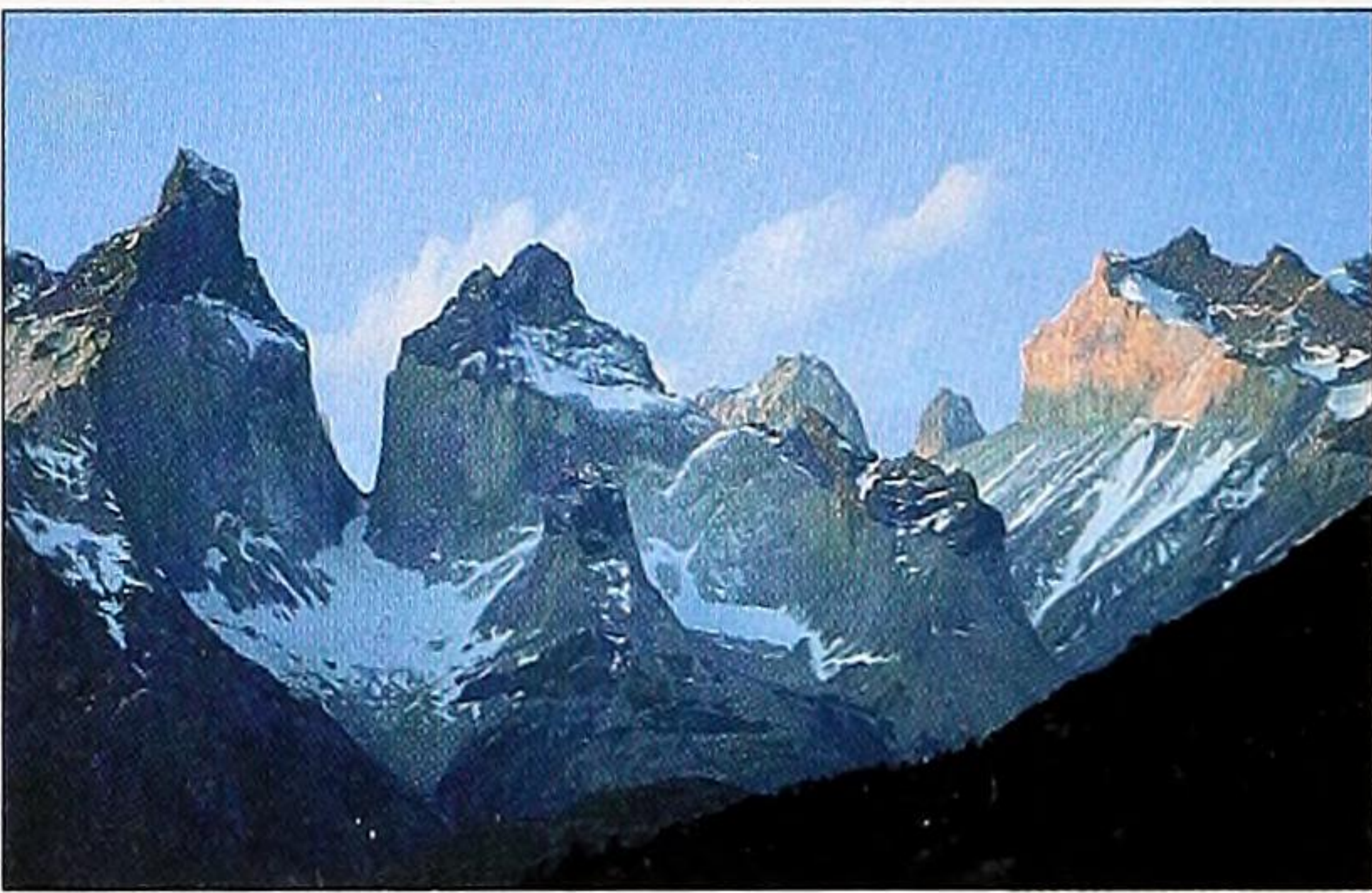


# Sudamérica

Una tierra de contrastes

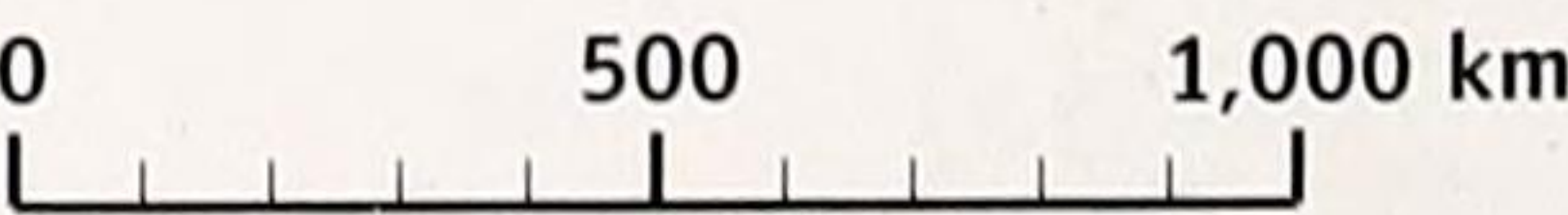
Sudamérica agrupa el 12% de las tierras del globo. Delimitada por el océano Pacífico y el océano Atlántico, presenta un relieve similar al norteamericano. Al este del continente se encuentra una plataforma antigua, representada en el norte por el escudo Guayanés, en el centro por el escudo brasileño y en el sur por las mesetas patagónicas. Estas mesetas están separadas por depresiones regadas por grandes ríos: el Orinoco, el Amazonas y el Paraná. Los grandes macizos montañosos se encuentran en la costa oeste: la cordillera de los Andes costea el continente de norte a sur, de Venezuela al sur de Chile, en donde la costa extremadamente recortada atestigua el paso de glaciares. Desde las altas cúspides de los Andes hasta las frías tierras de Patagonia, pasando por las llanuras ecuatoriales de Amazonia, Sudamérica es en su conjunto una tierra de contrastes.

La **cordillera de los Andes** representa el macizo montañoso más elevado del globo después del Himalaya. Esta cadena, que tiene una extensión de más de 8,000 km, es la más larga del mundo. Ahí se encuentran casi unas cincuenta cimas que superan los 6,000 m de altitud.



| SUDAMÉRICA EN NÚMEROS |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| superficie total      | 17,814,000 km <sup>2</sup>     |
| punto más elevado     | Aconcagua 6,960 m              |
| punto menos elevado   | península Valdés -40 m         |
| río más largo         | Amazonas 6,570 km              |
| lago más grande       | Titicaca 8,300 km <sup>2</sup> |
| cataratas más altas   | saltos Ángel 979 m             |

| ALTITUD<br>(EN METROS) |  |
|------------------------|--|
| > 3,000                |  |
| 2,000-3,000            |  |
| 1,000-2,000            |  |
| 500-1,000              |  |
| 200-500                |  |
| 0-200                  |  |
| < 0                    |  |



ecuador

10° S

20° S

trópico de Capricornio

30° S

océano Pacífico

40° S





70° 0

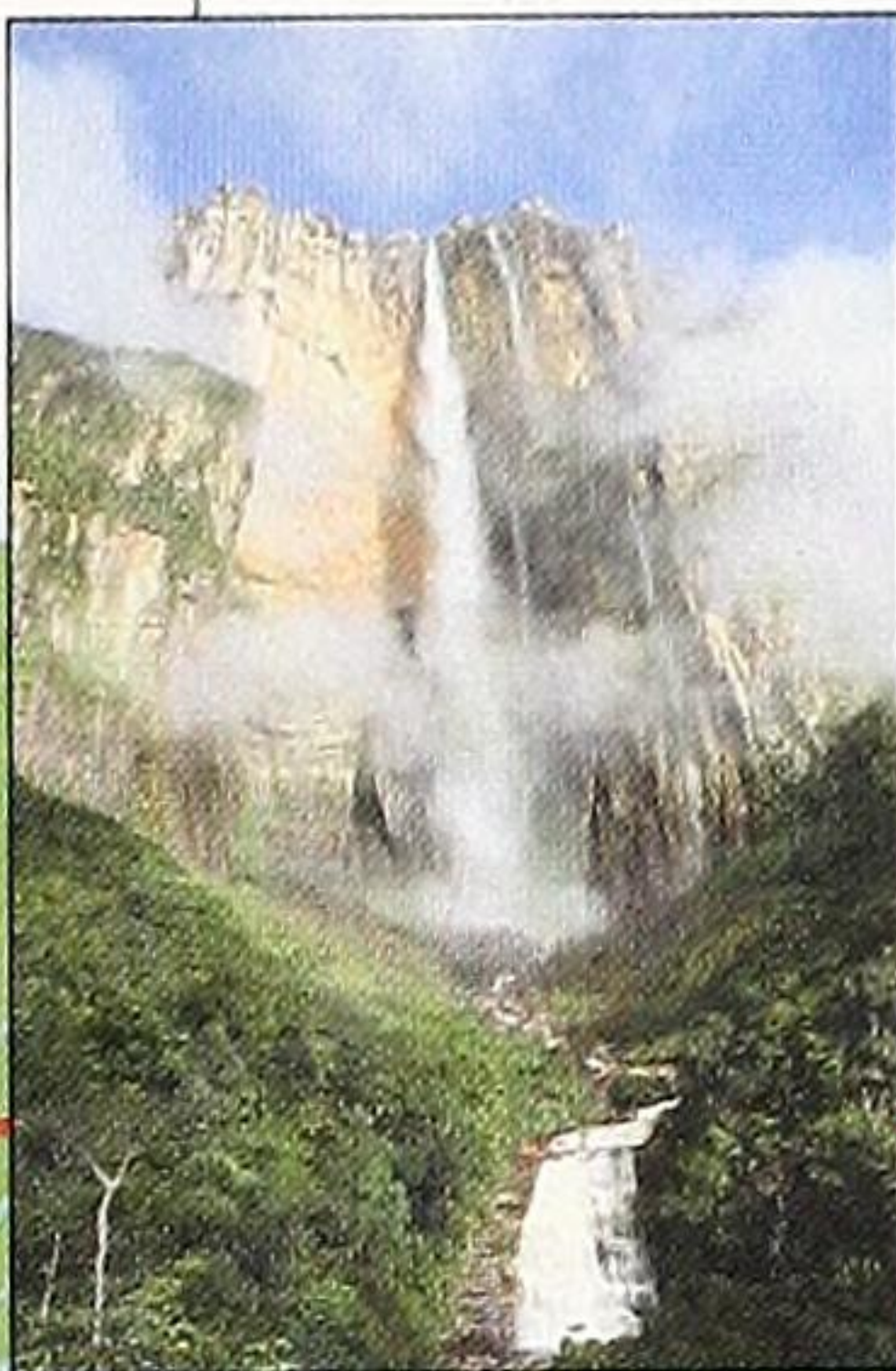
60° 0

50° 0

40° 0

rio  
Orinoco

escudo  
Guayanés



Venezuela posee las  
cataratas más altas del  
mundo, los **saltos Ángel**.

Situado en la frontera entre  
Perú y Bolivia, el **lago Titicaca**  
se encuentra entre los lagos  
navegables más elevados del  
mundo, a 3,810 m de altitud.

El **Amazonas** nace en los Andes,  
atraviesa Perú y Brasil antes de  
desembocar en el océano Atlántico. El  
río, que posee el caudal más fuerte del  
mundo, vierte en el océano más de  
200,000 m<sup>3</sup> de agua por segundo.

2

escudo  
brasileño

Paraná

Considerado como uno de los lugares  
más secos del planeta, el **desierto de  
Atacama** sólo recibe algunos milímetros  
de lluvia al año. En algunas regiones,  
nunca se ha registrado ninguna  
precipitación.

El **Aconcagua**, punto culminante de  
la cordillera de los Andes, es un  
antiguo volcán situado en Argentina,  
cerca de la frontera chilena.

península Valdés

océano  
Atlántico

mesetas  
patagónicas

islas Malvinas

El **cabo de Hornos**, el punto más  
meridional de Sudamérica, sólo dista de la  
Antártida 1,000 km. Es conocido por sus  
violentas ráfagas de viento y sus escollos  
amenazadores.

Tierra del  
Fuego



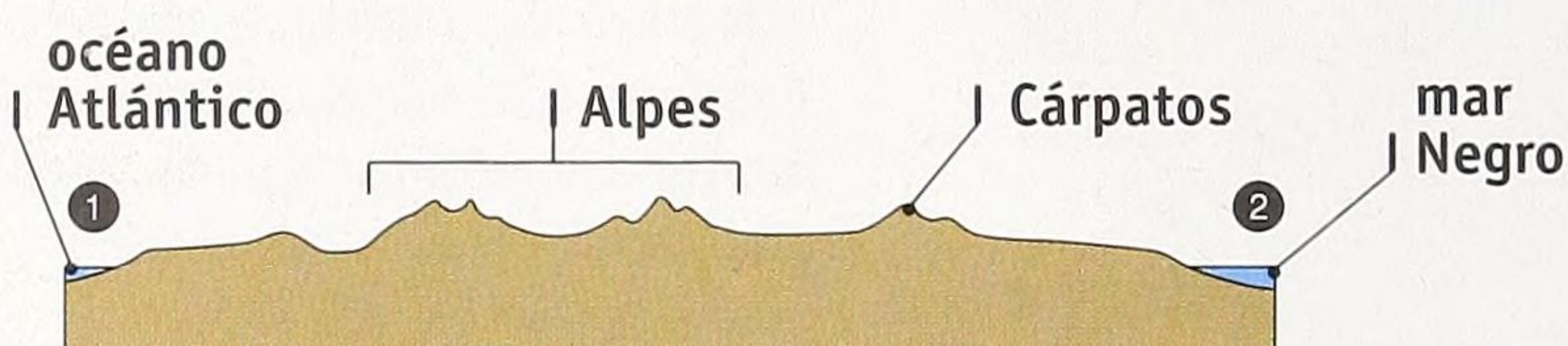
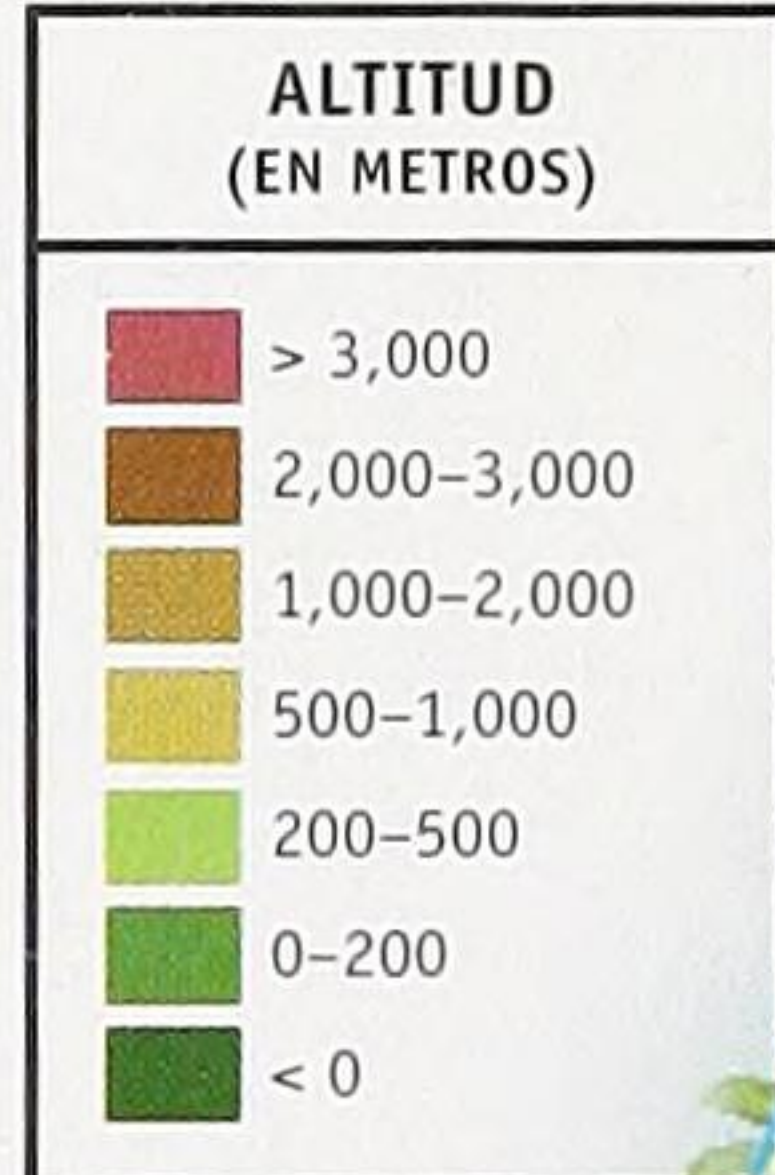
# Europa

*Una península con el litoral recortado*

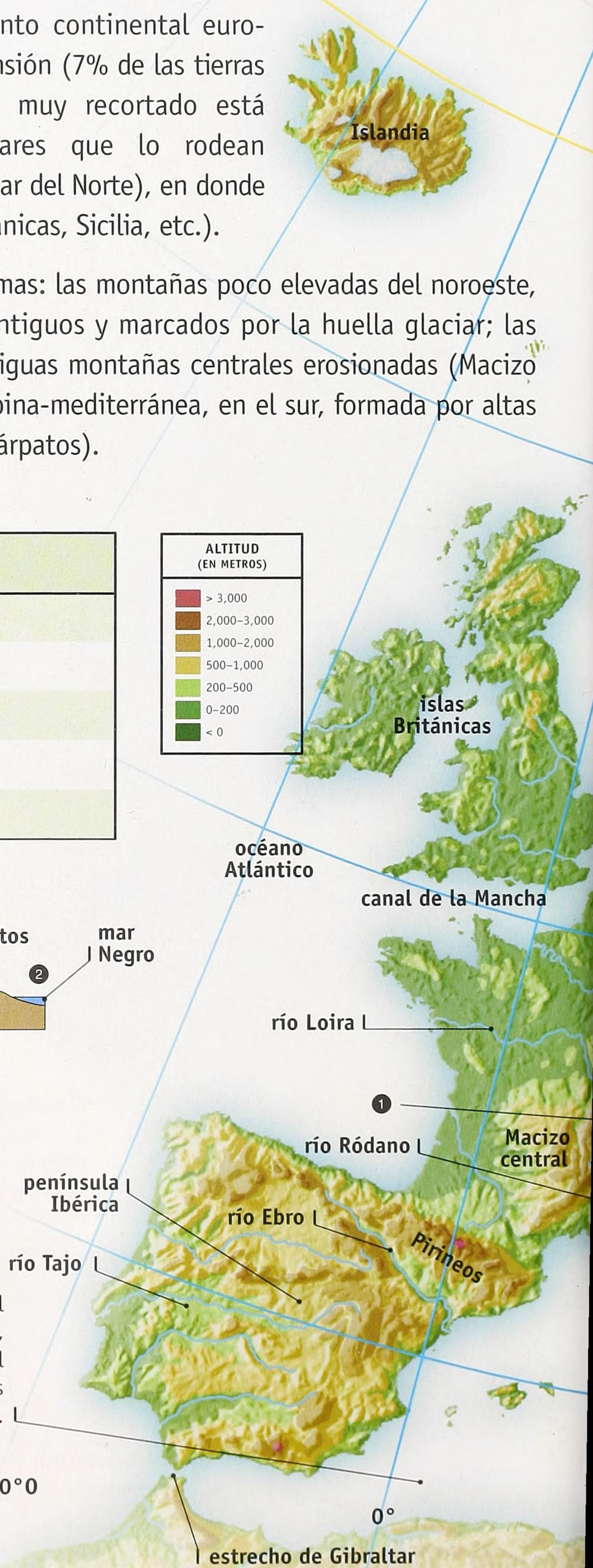
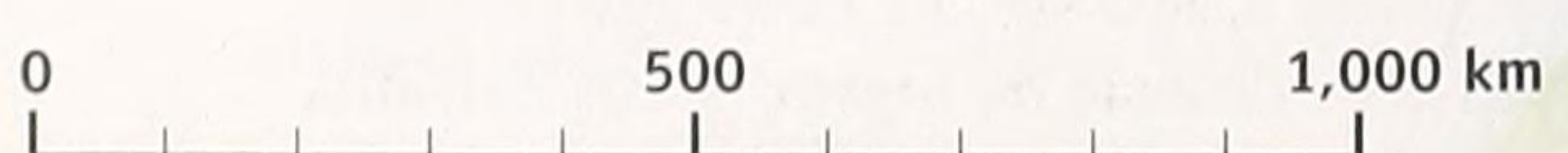
Extremidad occidental del vasto conjunto continental euroasiático, Europa tiene una pequeña extensión (7% de las tierras emergidas del planeta). Su territorio muy recortado está estrechamente imbricado en los mares que lo rodean (Mediterráneo, mar Negro, mar Báltico, mar del Norte), en donde se encuentran numerosas islas (islas Británicas, Sicilia, etc.).

Europa se divide en cuatro grandes sistemas: las montañas poco elevadas del noroeste, constituidas por pliegues geológicos antiguos y marcados por la huella glaciár; las grandes llanuras septentrionales; las antiguas montañas centrales erosionadas (Macizo Central, Urales), y finalmente, Europa alpina-mediterránea, en el sur, formada por altas cadenas montañosas (Pirineos, Alpes y Cárpatos).

| EUROPA EN NÚMEROS   |                               |
|---------------------|-------------------------------|
| superficie total    | 10,400,000 km <sup>2</sup>    |
| punto más elevado   | Elbrous 5,642 m               |
| punto menos elevado | delta del Volga -28 m         |
| río más largo       | Volga 3,530 km                |
| lago más grande     | Ladoga 17,600 km <sup>2</sup> |



Encrucijada entre Europa meridional, África del Norte y el Oriente Próximo, el **Mediterráneo**, comunica con el océano Atlántico por el estrecho de Gibraltar. Es un mar cuyas mareas son débiles y su salinidad elevada.





Profundos valles, llamados fiordos, entran en las costas de Noruega. El más largo de ellos, el **Sognefjord**, tiene una extensión de más de 200 km.

península de Kola

círculo polar ártico

Los **montes Urales** en Rusia, marcan la frontera entre Europa y Asia.

golfo de Botnia

lago Ladoga

Las aguas del **Volga**, el río más largo de Europa, atraviesan las vastas llanuras de Rusia antes de desembocar en el mar Caspio.

mar Báltico

lago Vänern

península de Jutlandia

río Vístula

río Don

río Rin

río Elbe

Los **Alpes**, que tienen una extensión de 1,200 km de longitud, forman el sistema montañoso más importante del oeste de Europa. Culminan en el **Monte Blanco** (4,808 m) en la frontera entre Francia e Italia.

río Dniéper

En el centro de Europa, el monte **Elbrous** se eleva a 5,642 m de altitud, que lo convierte en el punto culminante del continente.

río Danubio

Cárpatos

mar Negro

Alpes

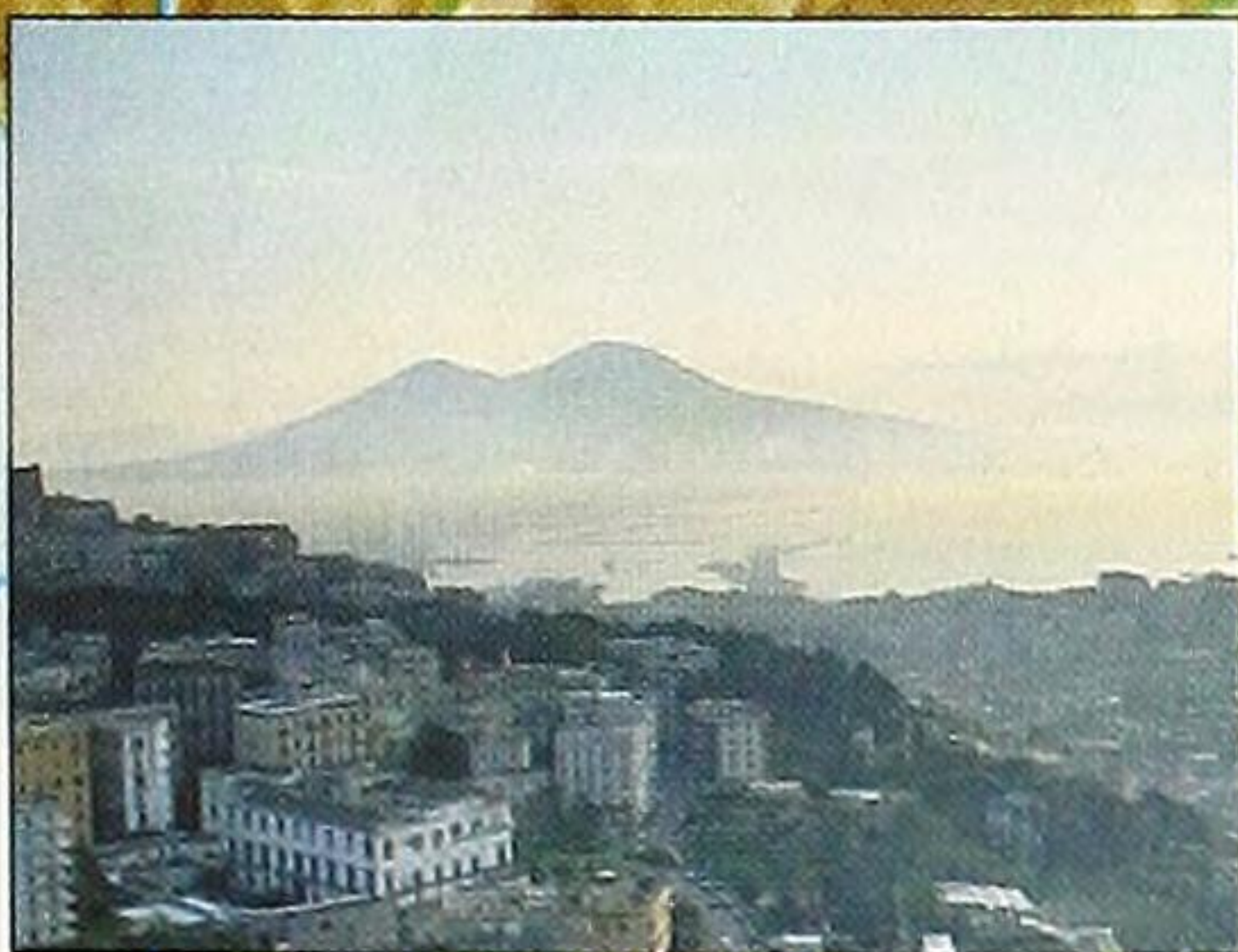
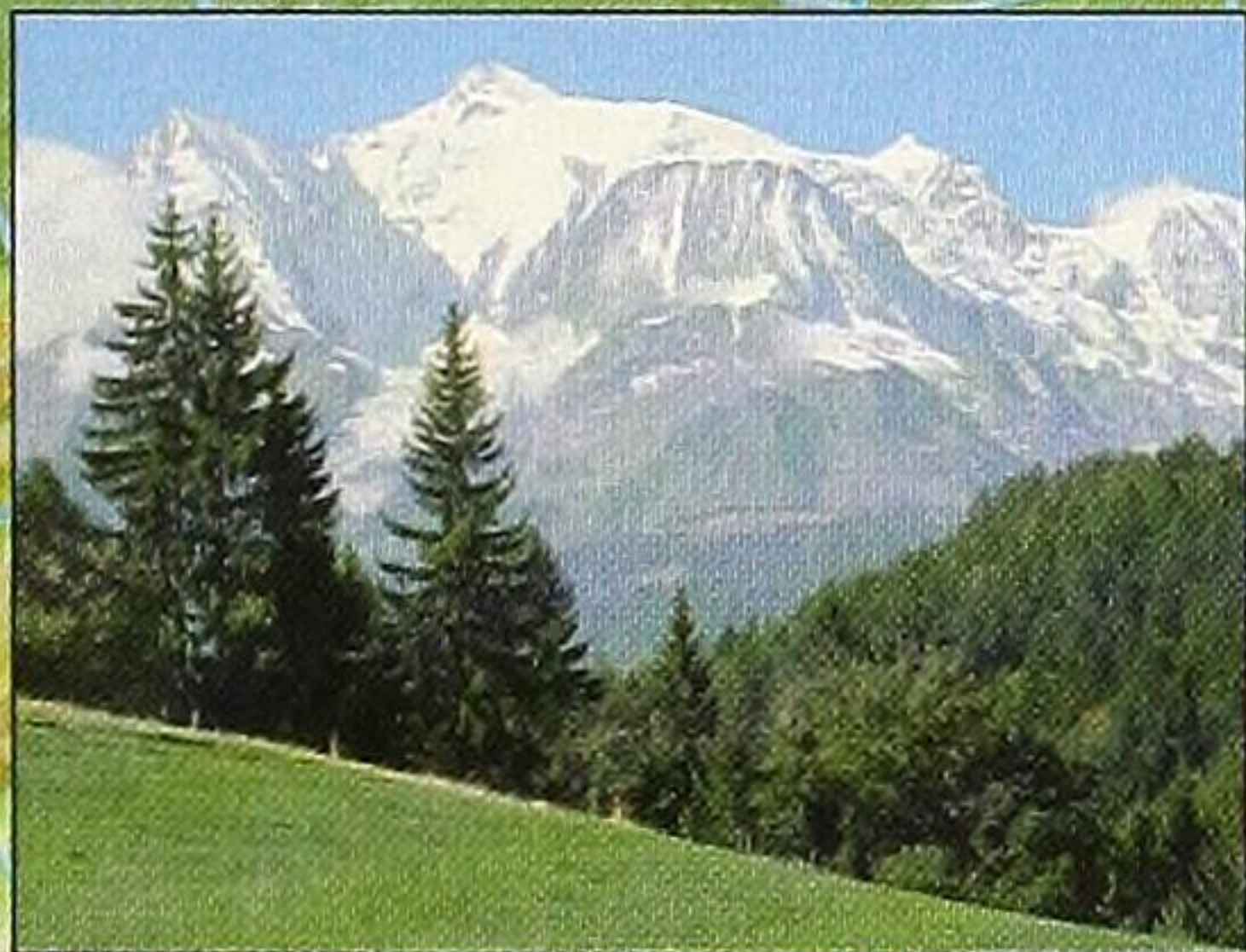
Córcega

Cerdeña

Sicilia

Monte Etna

Situada cerca del punto de encuentro de las placas euroasiática y africana, Italia conoce una actividad volcánica importante con el Etna, el Estrómboli y el **Vesubio**.





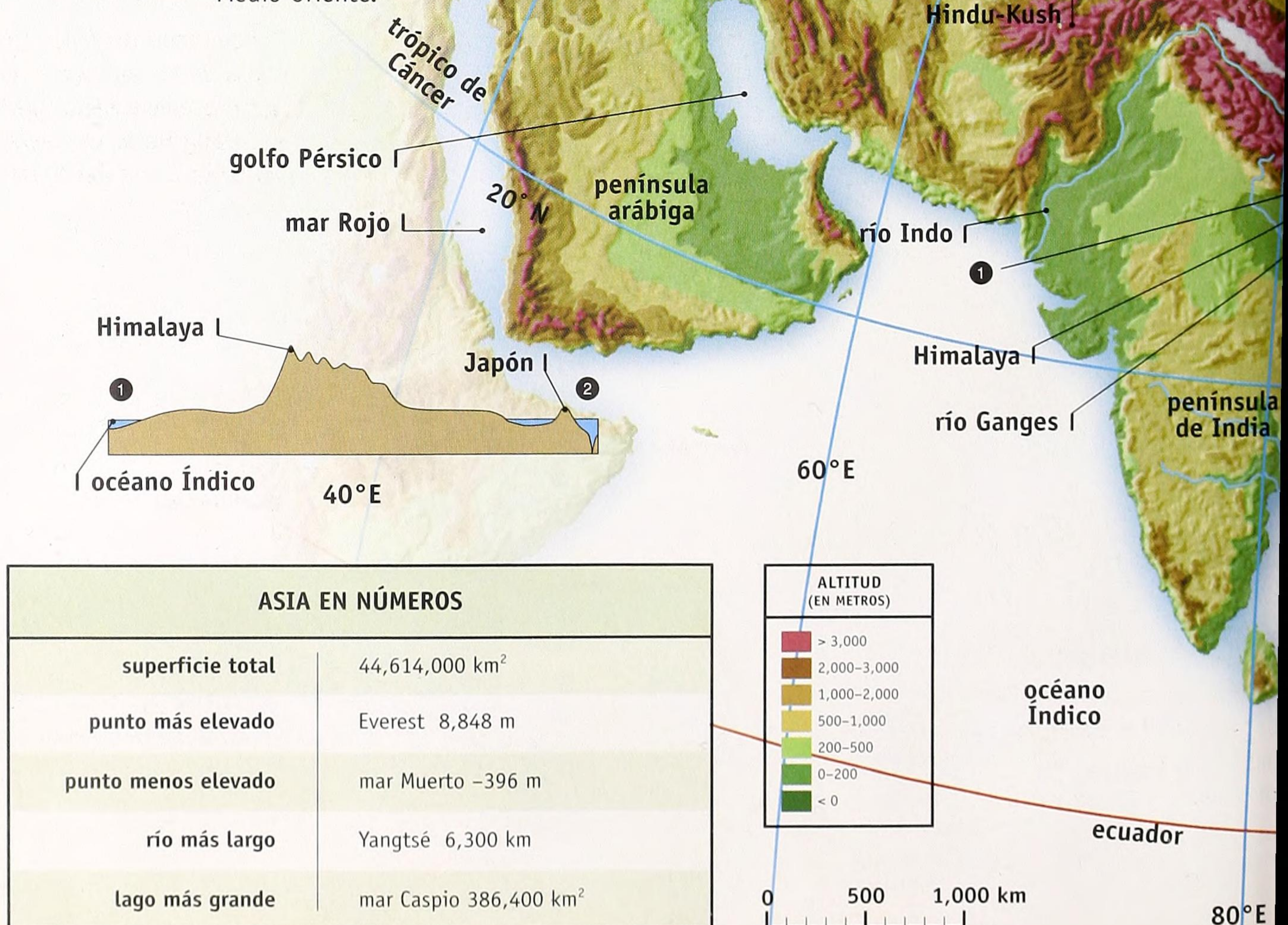
# Asia

*El continente más vasto del globo*

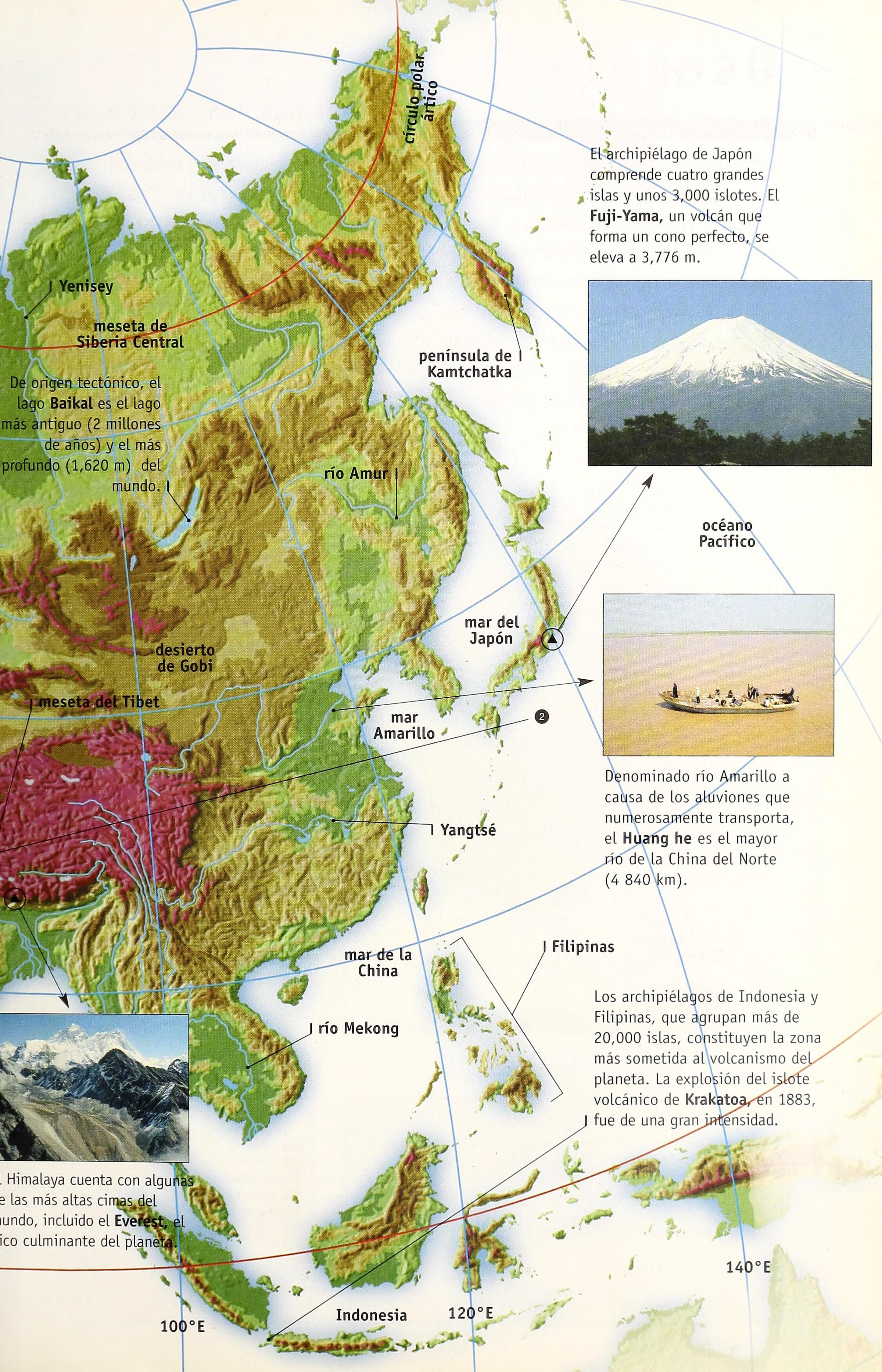
Asia, forma las cuatro quintas partes de Eurasia, es la región más vasta del mundo (32% de la tierra del planeta). El relieve está constituido en parte por escudos muy antiguos: la península arábiga y la península de India, situadas en el borde del océano Índico, y la meseta de Siberia central. Las estepas del Turkestan y la llanura de Siberia occidental son regiones bajas formadas por capas sedimentarias. El elemento principal son las imponentes cadenas montañosas que atraviesan el continente de oeste a este (Hindú Kuch, Himalaya) y que se prolongan en el océano Pacífico para formar Indonesia y Filipinas en el sur, Japón y Kamtchatka en el norte.

Sin acceso al océano, el **mar Caspio** constituye el mayor lago del mundo. Está situado a 28 m por debajo del nivel del mar.

El lugar menos elevado de toda la tierra del mundo se encuentra a unos 400 m por debajo del nivel del mar: se trata del **mar Muerto**, en el Medio Oriente.





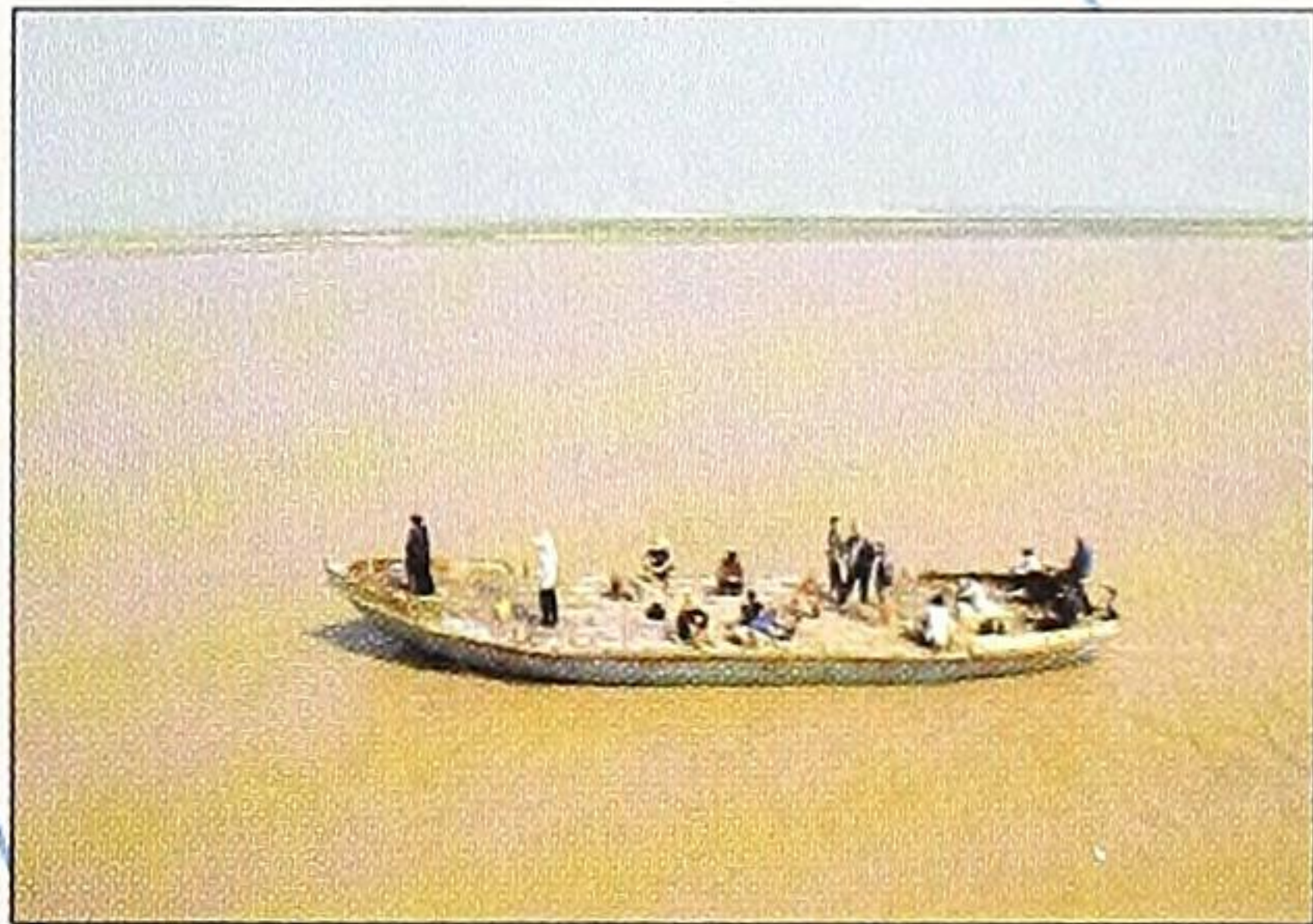


círculo polar ártico

El archipiélago de Japón comprende cuatro grandes islas y unos 3,000 islotes. El **Fuji-Yama**, un volcán que forma un cono perfecto, se eleva a 3,776 m.



océano Pacífico



Denominado río Amarillo a causa de los aluviones que numerosos transporta, el **Huang he** es el mayor río de la China del Norte (4 840 km).

Filipinas

Los archipiélagos de Indonesia y Filipinas, que agrupan más de 20,000 islas, constituyen la zona más sometida al volcanismo del planeta. La explosión del islote volcánico de **Krakatoa**, en 1883, fue de una gran intensidad.

140°E

120°E

Indonesia

100°E

meseta de Siberia Central

De origen tectónico, el lago **Baikal** es el lago más antiguo (2 millones de años) y el más profundo (1,620 m) del mundo.

desierto de Gobi

meseta del Tibet

mar Amarillo

Yangtsé

mar de la China

río Mekong

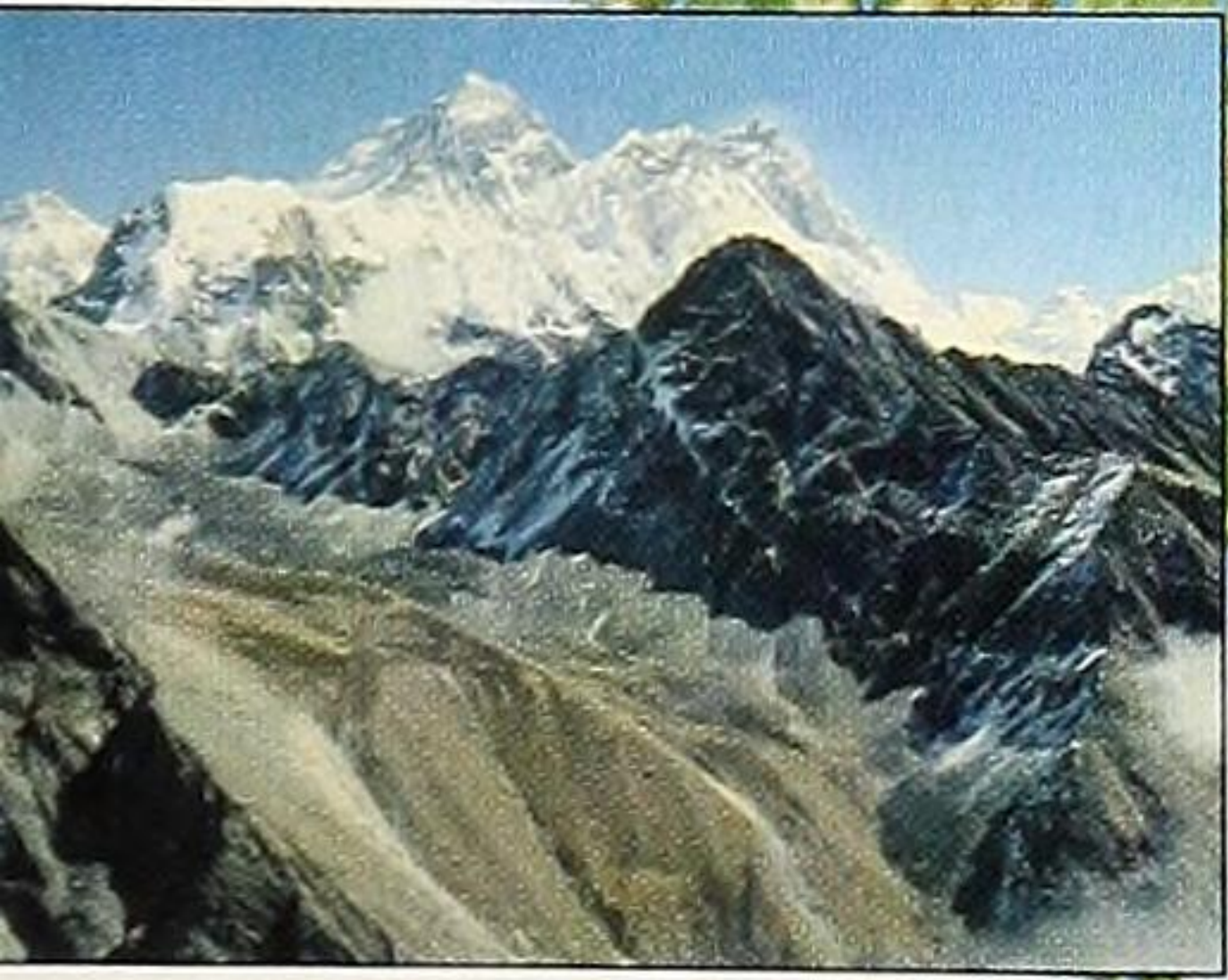
mar del Japón

península de Kamtchatka

río Amur

Yenisey

El Himalaya cuenta con algunas de las más altas cimas del mundo, incluido el **Everest**, el más alto culminante del planeta.





# Oceanía

*Una multitud de islas en el Pacífico*

A diferencia de los otros continentes, Oceanía no es una masa de tierra rodeada de mares, sino una gran cantidad de islas esparcidas por los océanos Pacífico e Índico. Con un área de 7,682,000 km<sup>2</sup>, Australia es el verdadero continente de Oceanía. La gran cantidad de islas que la rodean, están grupadas en tres ensambles geográficos: Melanesia, al noreste de Australia, incluyendo Papua-Nueva Guinea; Micronesia, al norte; y Polinesia, incluida Nueva Zelanda y todas las masas de tierra del Pacífico medio. El área total de Oceanía representa el 6% de las masas de tierra del planeta.

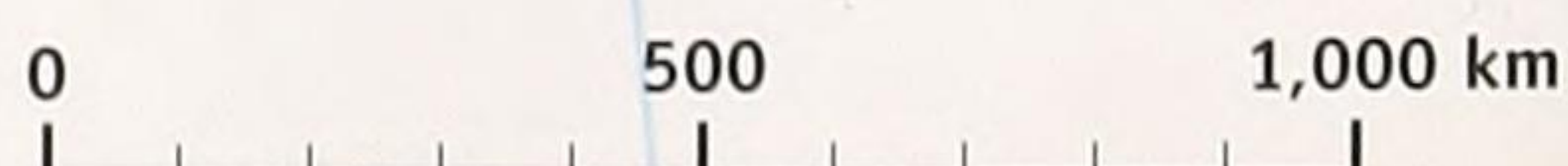


El extraño monolito de arenisca llamado **Ayers Rock** (3.6 km de longitud) se eleva en el corazón del desierto australiano.

## OCEANÍA EN CIFRAS

|                 |                                 |
|-----------------|---------------------------------|
| área total      | 8,507,000 km <sup>2</sup>       |
| punto más alto  | Monte Wilhelm 4,509 m           |
| punto más bajo  | Lago Eyre -16 m                 |
| río más largo   | Río Murray 2,589 km             |
| lago más grande | Lago Eyre 9,300 km <sup>2</sup> |

## ALTITUD (EN METROS)





Sólo la parte este de la isla de **Nueva Guinea** (Papua-Nueva Guinea) es parte de Oceanía.

monte Wilhelm

Islas Salomón



**La Gran Barrera de Arrecife** se extiende paralela a la costa noreste de Australia más de 2,000 km. Esta extensión de arrecife de coral es en la actualidad zona protegida.

Como muchas islas de origen volcánico en el Pacífico, el archipiélago **Vanuatu** se formó por acumulaciones de lava.

Fiji I

Nueva Caledonia

Océano Pacífico

Trópico de Capricornio

río Darling

Gran Cordillera Divisoria

Nueva Zelanda se compone de dos islas montañosas separadas por el **Estrecho de Cook**. La isla del norte, dominada por el cráter de Monte Ruapehu (2,796 m), tiene volcanes activos, mientras existen profundos valles glaciales cavados a lo largo de los Alpes del Sur que atraviesan la isla del sur.

monte Ruapehu I

160°E

180°E

Alpes del Sur I

mar de Tasmania

Estrecho de Bass

Tasmania

La Gran Cordillera Divisoria es la cordillera montañosa más grande de Oceanía, con una extensión de más de 3,500 km forma la costa este de Australia. El **Monte Kosciusko**, con una altitud de 2,228 m, es el punto más alto de la isla.

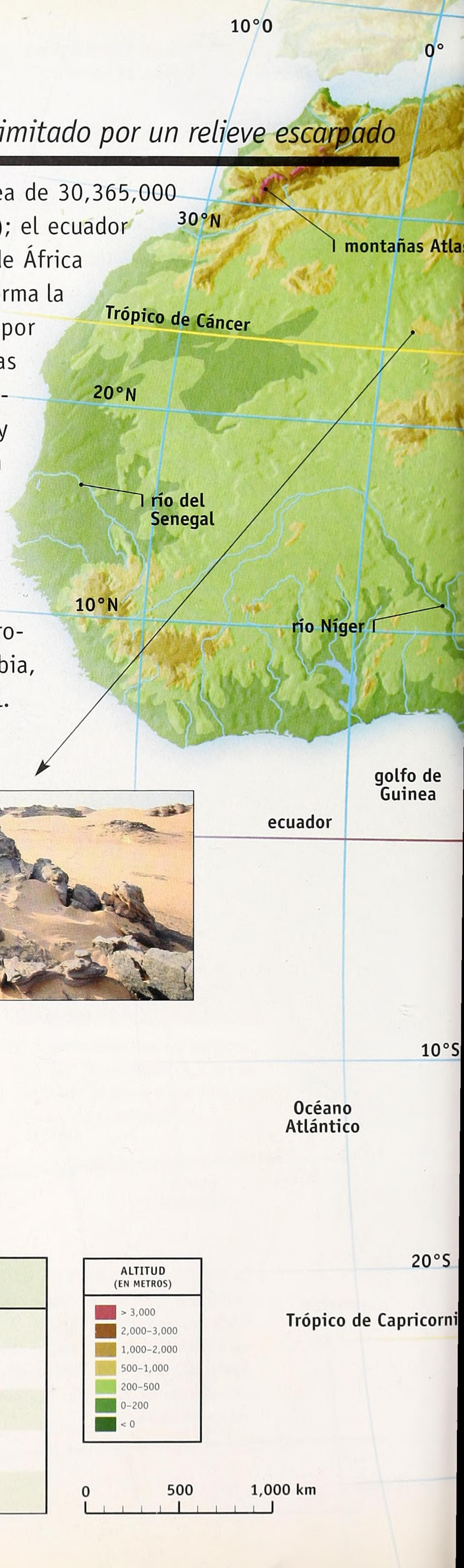
2



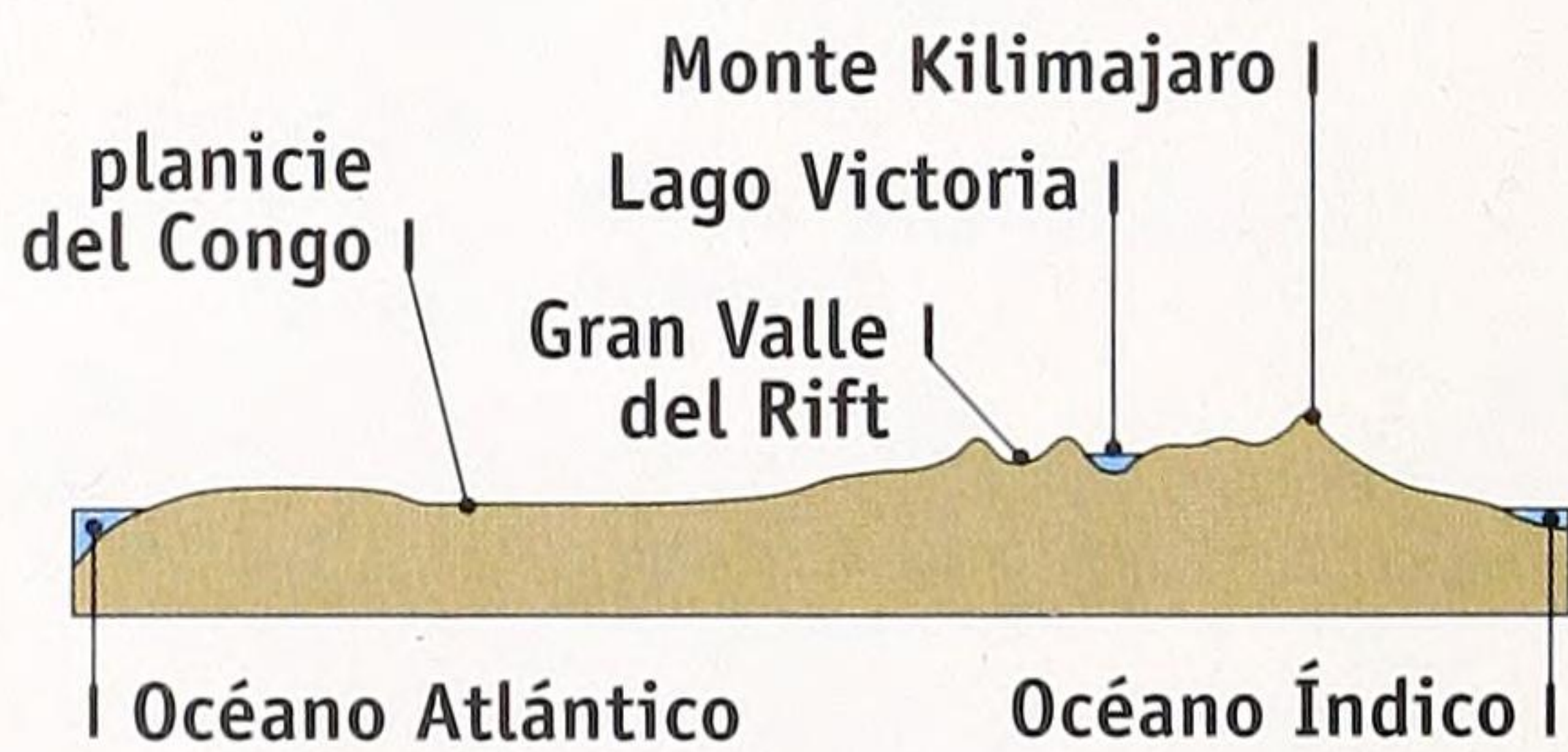
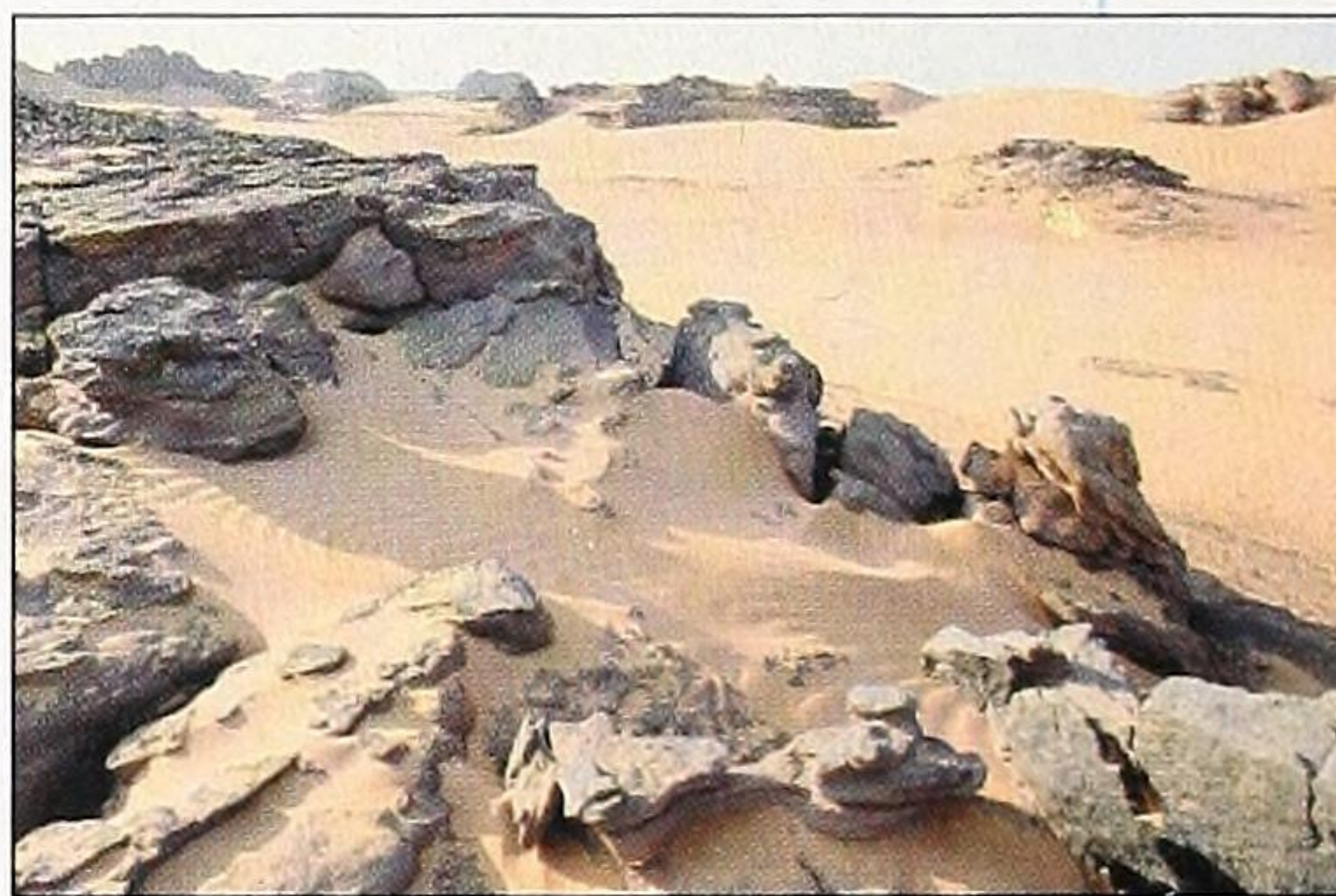
# África

*Un continente plano limitado por un relieve escarpado*

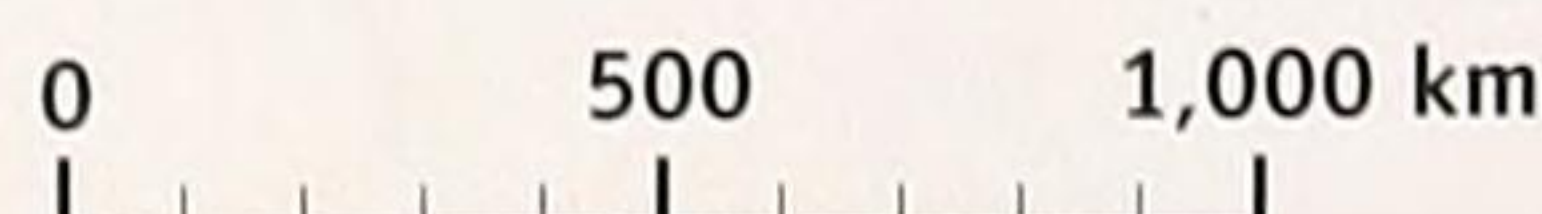
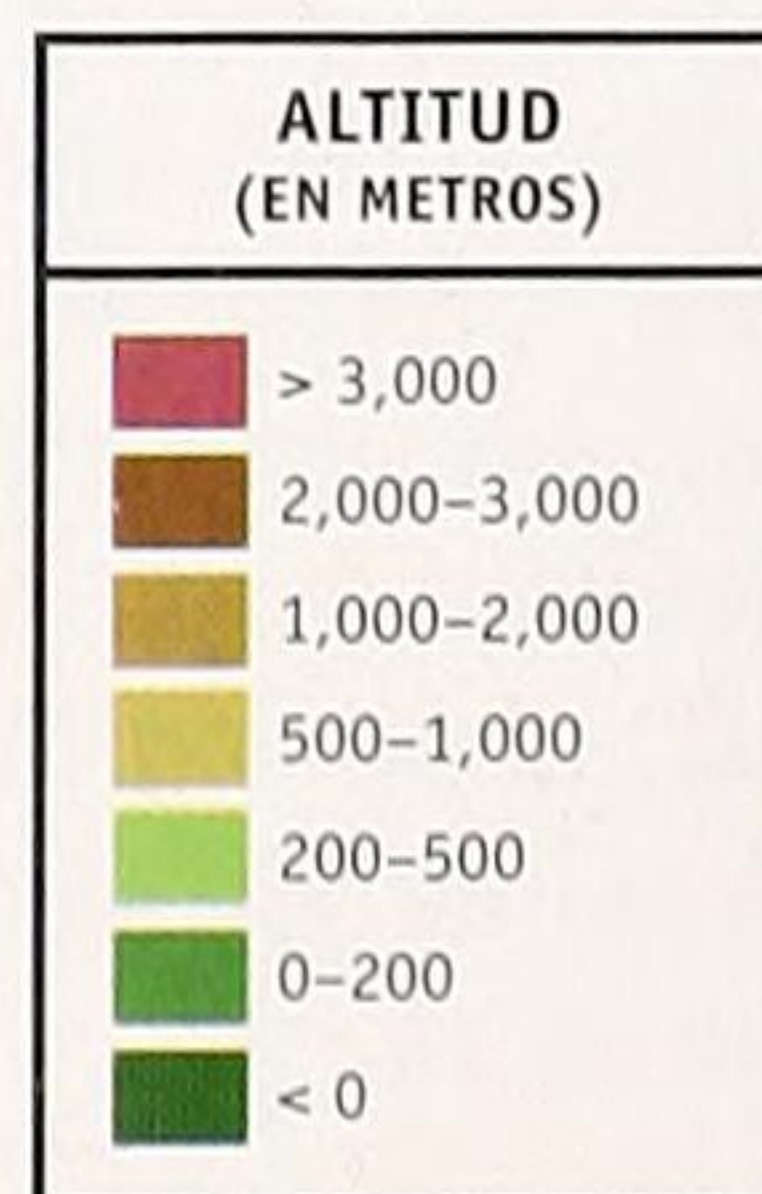
África es un continente masivo con un área de 30,365,000 km<sup>2</sup> (20% de la masa de tierra del planeta); el ecuador lo atraviesa en el centro. La mayor parte de África se compone de una meseta muy vieja que forma la plataforma continental, y está limitada por costas rectilíneas escarpadas y muy pocas islas. Las cordilleras montañosas se concentran en el norte (Atlas); sur (Drakensberg); y este (Macizo Etíope), en donde están moldeadas por un importante sistema de grietas, el Gran Valle del Rift. La zona subecuatorial, cubierta por el bosque y la sabana, es irrigada por los poderosos ríos Congo y Níger, mientras las regiones subtropicales contienen desiertos: Sahara, Namibia, Kalahari, que tienen poca irrigación natural.



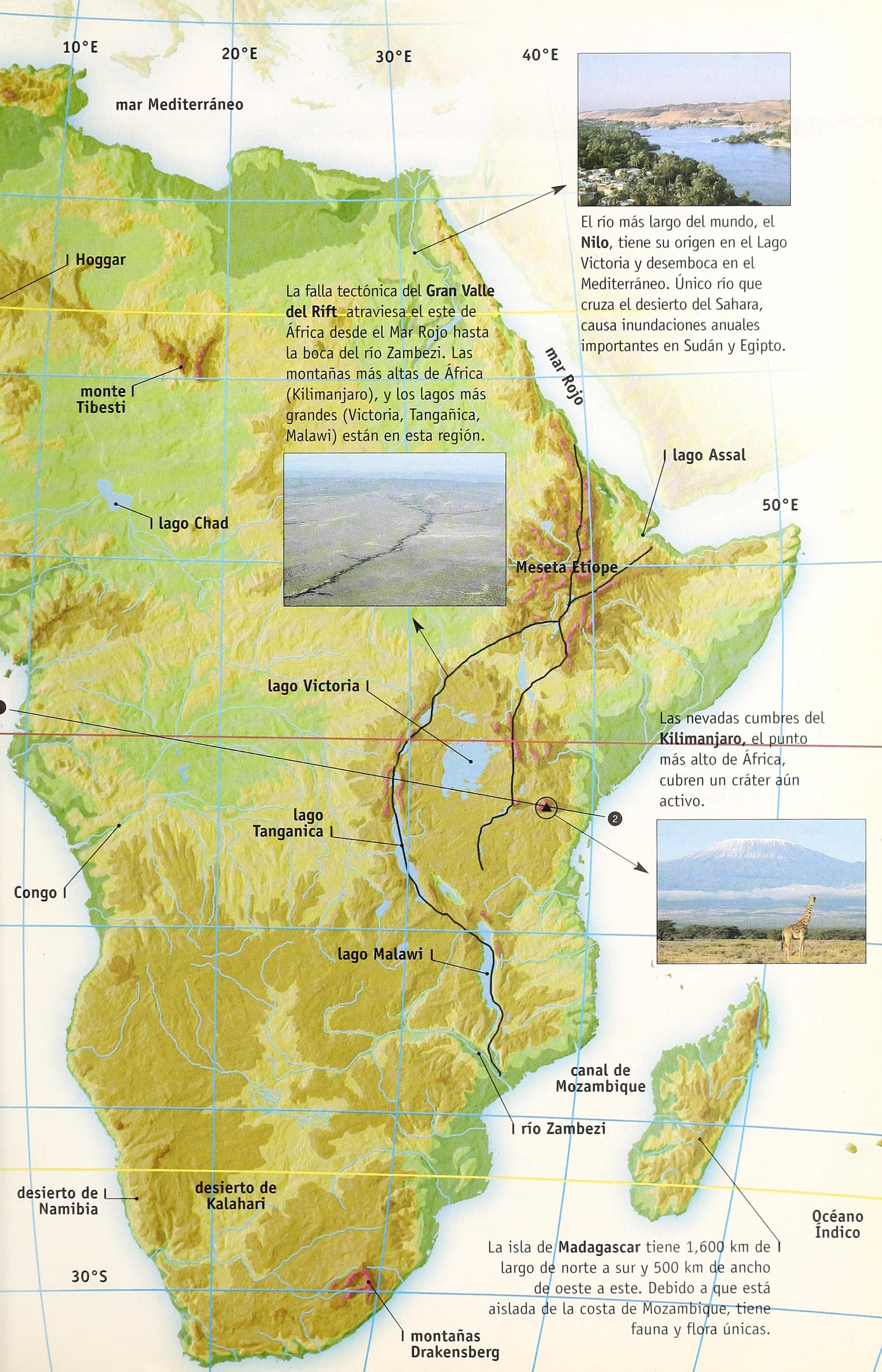
Con más de 8 millones de km<sup>2</sup>, el **Sahara** es el desierto más grande del mundo. Se extiende desde el Océano Atlántico hasta el Mar Rojo y cubre todo el norte de África.



| ÁFRICA EN CIFRAS |                                 |
|------------------|---------------------------------|
| área total       | 30,365,000 km <sup>2</sup>      |
| punto más alto   | Kilimanjaro 5,895 m             |
| punto más bajo   | Lago Assal -156 m               |
| río más largo    | Nilo 6,650 km                   |
| lago más grande  | Victoria 69,500 km <sup>2</sup> |







10°E      20°E      30°E      40°E

mar Mediterráneo

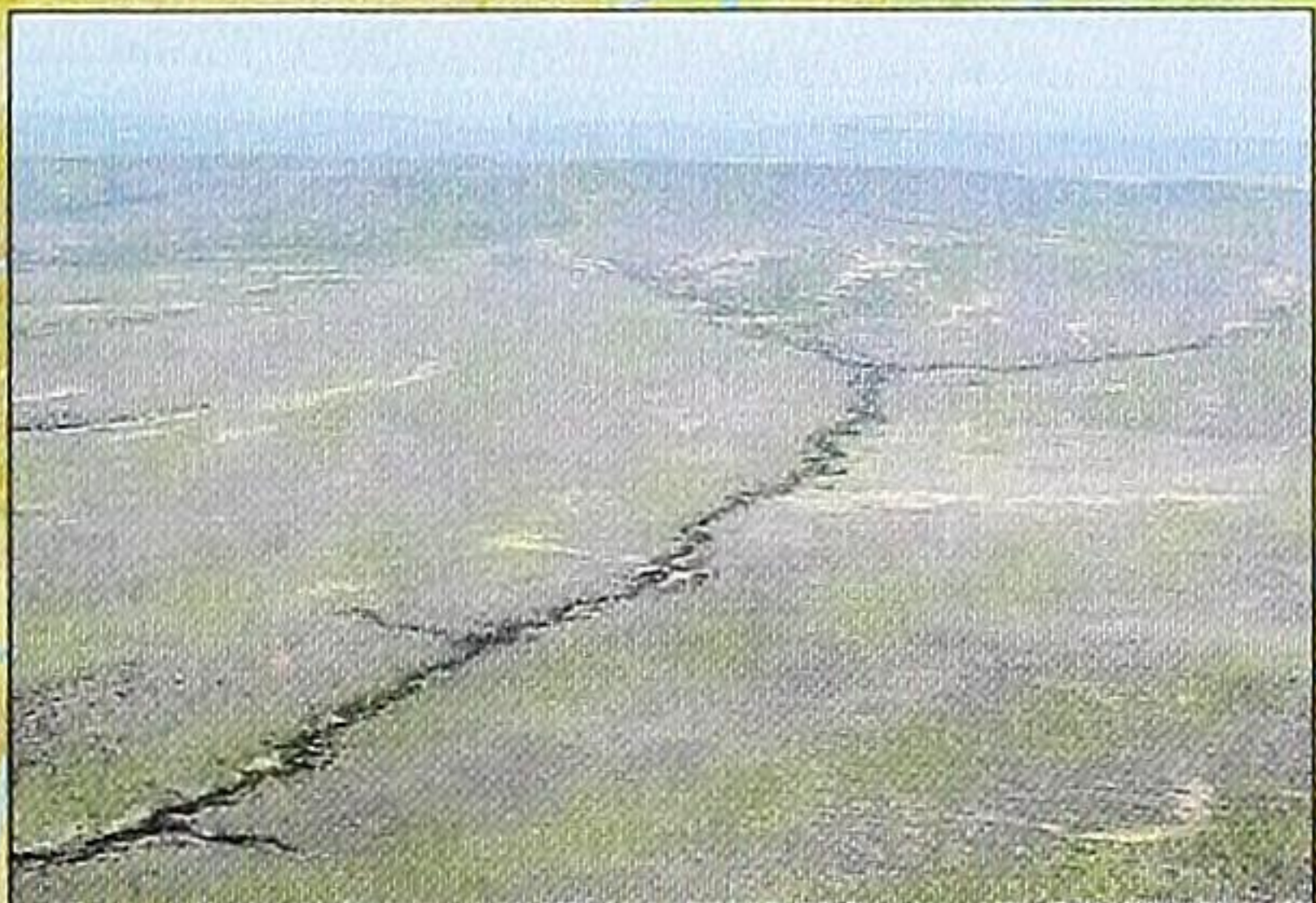


El río más largo del mundo, el **Nilo**, tiene su origen en el Lago Victoria y desemboca en el Mediterráneo. Único río que cruza el desierto del Sahara, causa inundaciones anuales importantes en Sudán y Egipto.

Hoggar

monte Tibesti

La falla tectónica del **Gran Valle del Rift** atraviesa el este de África desde el Mar Rojo hasta la boca del río Zambezi. Las montañas más altas de África (Kilimanjaro), y los lagos más grandes (Victoria, Tangañica, Malawi) están en esta región.



mar Rojo

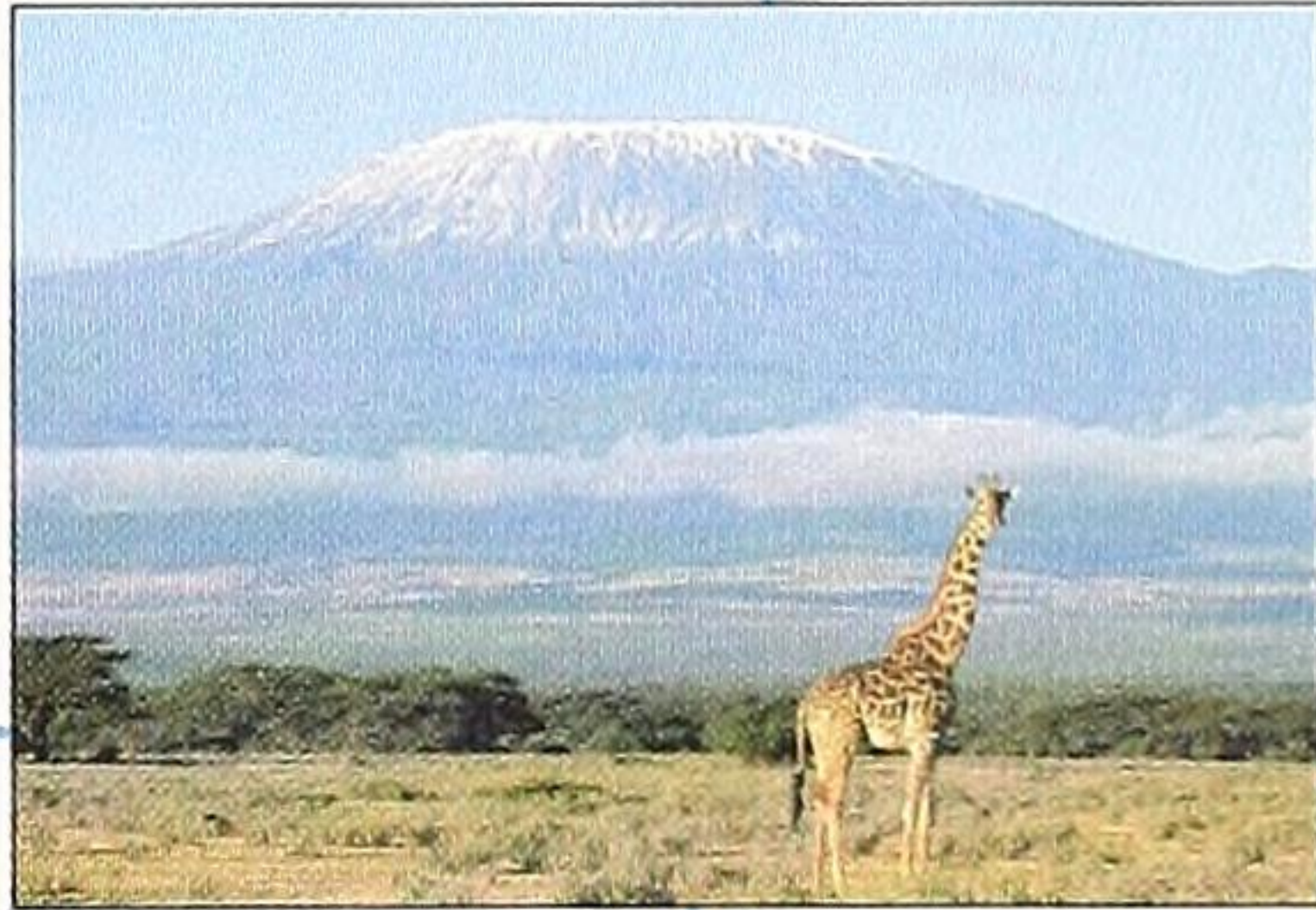
lago Chad

lago Assal

50°E

Meseta Etíope

Las nevadas cumbres del **Kilimanjaro**, el punto más alto de África, cubren un cráter aún activo.



lago Victoria

lago Tanganica

Congo

lago Malawi

canal de Mozambique

río Zambezi

desierto de Namibia

desierto de Kalahari

30°S

montañas Drakensberg

La isla de **Madagascar** tiene 1,600 km de largo de norte a sur y 500 km de ancho de oeste a este. Debido a que está aislada de la costa de Mozambique, tiene fauna y flora únicas.

Océano Índico



# Glosario

**abrasión**

Desgaste mecánico de las rocas causado por fricción contra un material sólido.

**agregado**

Un cúmulo de diferentes elementos unidos por un material sólido.

**agua dulce**

Agua que contiene muy bajo contenido de sales minerales.

**altitud**

Distancia vertical de un punto a un nivel de referencia, generalmente el nivel promedio del mar.

**aluvión**

Materiales sólidos (arena, grava, limo, guijarros) transportados y depositados por un curso de agua.

**amplitud**

Diferencia entre dos valores extremos de un fenómeno variable, como temperatura, mareas y olas.

**archipiélago**

Grupo de islas.

**arco de islas**

Grupo de islas volcánicas alineadas paralelamente a una fosa submarina.

**arista**

Cumbre escarpada de una montaña que separa dos valles glaciares.

**arrecife de coral**

En mares cálidos y poco profundos, arrecife compuesto de la acumulación de millones de esqueletos de coral, combinados con arena, fragmentos de concha y secreciones calcáreas de algunas algas.

**atmósfera**

Capa de gases que rodea la Tierra.

**bahía**

Parte relativamente abierta de una extensión de agua o curso de agua que forma una entrada en la tierra. Usualmente una bahía es más pequeña que un golfo.

**batimetría**

Medida de las profundidades de los océanos.

**boca**

Lugar en el que un río llega al mar o a un lago.

**campo magnético**

Región dentro de la que existe una fuerza magnética.

**cañón submarino**

Garganta submarina excavada en la placa continental por corrientes formadas por grandes ríos o deslizamientos de tierra.

**cañón**

Valle angosto y profundo con paredes escarpadas, generalmente excavados en una meseta de caliza.

**casquete polar**

En las regiones polares, gran placa de hielo que flota en el mar.

**círculo polar**

Líneas imaginarias localizadas en los paralelos de 66°34' norte (círculo ártico) y sur (círculo antártico). Estas líneas marcan el límite de las zonas polares, en que los días duran 24 horas durante el solsticio de verano y el Sol no se aparece para nada en solsticio de invierno.

**colina**

Característica del relieve de baja altitud (100 a 300 m) con una cumbre redondeada.

**convección**

La circulación de un fluido (gaseoso o viscoso).

**coral**

Animal primitivo que generalmente vive en colonias arborescentes que forman arrecifes.

**cordillera montañosa**

Grupo de montañas conectadas entre sí y alineadas en una sola dirección.

**cordillera**

Cadena montañosa larga y angosta.

**costa**

Área de tierra que bordea el mar. El ancho de la costa es variable y depende del relieve: su límite es el primer cambio importante en la morfología del terreno.

**cuenca de desagüe**

Territorio drenado por un río y sus tributarios.

**cuña de acumulación**

Sedimentos escarbados de una placa oceánica eliminada, que se acumulan

en una zona de convergencia.

**depresión**

Parte hueca de una superficie de tierra; cuenca.

**duna**

Colina de arena en una costa o desierto, formada por acción del viento.

**edad de hielo**

Periodo geológico durante el cual los glaciares cubrieron gran parte de las masas de la Tierra.

**elemento químico**

Material formado enteramente de un solo tipo de átomo, con un solo número atómico (número de protones).

**eón**

La unidad de tiempo geológico más larga, formado por varias eras.

**época**

Unidad de tiempo geológico, subdivisión de un periodo.

**era**

Unidad geológica de tiempo justo abajo del eón, formada de varios periodos.

**estepa**

Llano vasto en regiones de clima seco, caracterizado por su vegetación herbácea.

**estrecho**

Angosto paso natural de mar entre dos costas.

**falla**

Fractura en la corteza de la Tierra que causa que un bloque se mueva horizontal o verticalmente con respecto a otro.

**flujo de un curso de agua**

Volumen de agua que fluye por un solo punto por unidad de tiempo. El flujo de un río, medido en su boca, se expresa en m<sup>3</sup> / s.

**fosa oceánica**

Depresión angosta en el fondo marino, de varios kilómetros de longitud y entre 5,000 y 10,000 m de profundidad.

**fósil**

Restos o huella de un animal o planta que vivió en tiempos



prehistóricos, preservados en rocas sedimentarias en la corteza terrestre.

**geología**

Estudio científico de la Tierra, el material que la compone y las fuerzas y procesos que le han dado forma y la transforman.

**golfo**

Extensión del mar que entra muy dentro de una masa de tierra, generalmente más grande y cerrada que una bahía.

**inundación**

Elevación repentina del nivel de un curso de agua causado por una fuerte precipitación o por nieve derretida.

**istmo**

Brazo de tierra limitado por dos extensiones de agua que une dos masas de tierra.

**llano**

Amplia extensión de tierra relativamente plana, a una elevación más baja que las características del relieve en los alrededores, con valles ligeramente hondos.

**macizo**

Grupo de montañas, a menudo formadas por lechos de roca antiguos, que puede tomar muchas formas (plataformas, formaciones volcánicas, elementos muy erosionados).

**magnitud**

Medida de la cantidad de energía liberada durante un terremoto y su representación en una escala numérica.

**margen continental**

Región subacuática en el límite de un continente entre la costa y las profundidades marinas.

**meandro**

La forma sinuosa de un curso de agua a través de la tierra con poca inclinación. Se caracteriza por el contraste entre su banco convexo, donde se deposita el aluvión, y su banco cóncavo, ahuecado por la erosión fluvial.

**monolito**

Bloque de una sola masa de roca.

**nivel de base**

Nivel bajo el cual un curso de agua ya no puede erosionar su lecho. A menudo es el nivel del mar.

**orgánico**

Se refiere a los organismos y sus restos.

**península**

Porción de tierra rodeada de mar en todos sus lados excepto uno, donde un istmo la une a un continente.

**periodo**

Unidad de tiempo geológico, subdivisión de una era, divide en sí en épocas.

**pico**

Cumbre rocosa y puntiaguda de una montaña.

**piroclastos**

Detritos de explosiones volcánicas.

**plataforma**

Extensión relativamente plana de tierra que se diferencia del llano que la rodea por valles profundos, de laderas empinadas que forman sus límites y por su altitud, que es más alta que la región circundante.

**polo geográfico**

Los dos puntos de la Tierra (polo norte y polo sur) a través de los que pasa el eje de rotación del planeta.

**precipitación**

Todas las formas líquidas y sólidas en que el agua en la atmósfera llega a la superficie de la Tierra (lluvia, nieve, granizo, niebla, rocío, etc.).

**radioactividad**

Transformación natural de elementos químicos en otros elementos, acompañada por la emisión de partículas electromagnéticas o rayos.

**rayo**

Grupo de emisiones electromagnéticas generadas por una sola fuente.

**refracción**

La deflexión de un rayo al pasar de un medio a otro.

**relieve**

Todas las irregularidades (depresiones y elevaciones) en la superficie topográfica de una región.

**resolución**

Número de puntos por unidad de medida detectable por el barrido de un instrumento de medición. Una alta resolución indica que el instrumento usado tiene una gran sensibilidad óptica.

**salinidad**

La proporción de sal disuelta en un medio. La sal contenida en el agua de mar proviene de materiales transportados por ríos.

**sedimentos**

Materiales minerales sólidos (roca, arena, lodo) que han sido escarbados de su ubicación original y transportados por agua, hielo o viento para ser depositados en otra ubicación. Los materiales orgánicos también pueden formar sedimentos.

**solsticio**

Las dos veces del año en que el Sol está más lejos del plano del ecuador, correspondientes a los días más corto (solsticio de invierno) y más largo (solsticio de verano).

**tiempo geológico**

El periodo desde que la Tierra se formó hasta la aparición de la escritura, que marcó el inicio del periodo histórico.

**toponimia**

El estudio de los nombres de los lugares.

**ultrasonido**

Vibración de sonar con una frecuencia demasiado alta para ser percibida por el oído humano (más de 20,000 hertz).

**valle de rift**

Gran depresión alargada con profundas laderas, formada por la subsidencia de un bloque de tierra entre dos fallas. (Rift: hendidura)

**vientos alisios**

Vientos que soplan constantemente de este a oeste en la zona intertropical, especialmente sobre los océanos Pacífico y Atlántico.

**zenit o cenit**

Punto en la esfera celeste directamente arriba del observador.



# Índice

## A

abultamiento 64  
acantilado 82  
Aconcagua 115  
ÁFRICA 34, 36, 110, **122**  
agua 9, 38, 44, 52, 54, 56, 76  
agua de mar 56  
agua de pozo 76  
agua dulce 54, 111 [G]  
Alpes 15, 81, 117  
altitud 94, 98 [G]  
América Central 112  
Andes 32, 41, 80, 114  
ANTÁRTICA 36, 87, 110, **111**  
Antillas 112  
Apalaches 15, 35, 80, 112  
arena 28, 58, 83  
arista 86 [G]  
arrastre 75  
ASIA 32, 36, 110, **118**  
astenosfera 19, 32, 36  
atmósfera 9 [G]  
atolón 43, 82  
atracción gravitacional 68  
Australia 36, **120**

## B

bahía 82 [G]  
Bahía de Fundy 68  
basalto 29  
bergschund 84  
bloque errático 86  
boca de río 52, 83 [G]  
bomba volcánica 39

## C

cabo 82  
cadena montañosa 78, 80, 110 [G]  
caldera 42  
caliza 28, 73, 76  
cámara de magma 38, 42 [G]  
Canal de Panamá 113  
capa de hielo 35, 111  
Cape Horn 115  
carbón 28  
carbonífero 11, 15  
carbono 14 14  
CARTOGRAFÍA 92, **94**, 96, 98, 100, 102, 104  
cascada 53  
casquete de hielo 111 [G]  
Cataratas del Ángel 115  
cenizas 39  
cinturón circumpacífico 40, 67  
circo 85, 86  
columna eruptiva 38

CONTINENTES 9, 12, 15, 34, 36, **110**, 112, 114, 116, 118, 120, 122  
CONVENCIONES  
CARTOGRÁFICAS **96**  
COORDENADAS TERRESTRES 90  
Corriente del Golfo 62  
corrientes de convección 18, 20, 33, 36  
CORRIENTES OCEÁNICAS **62**  
CORRIMIENTOS DE TIERRA **75**  
corteza 9, 18  
COSTA 64, 66, **82** [G]  
costa 64, 83  
cráter 38, 42  
cristal 22, 24  
cuarzo 22, 29  
cuenca de sedimentos 110  
Cueva del Mamut 77  
CUEVAS **76**  
cuña de acumulación 78 [G]  
CURSOS DE AGUA **52**, 54, 72, 74

## D

delta 52, 83  
DERIVA CONTINENTAL 35, **36**  
Desfiladeros 52, 77  
Desierto de Atacama 115  
desiertos africanos 122  
deslizamiento de rocas 75  
DETECCIÓN REMOTA **102**  
diagénesis 36  
diamante 22  
dique 38  
domo 79  
Dorsal del Atlántico Medio 32, **60**  
DORSAL OCEÁNICA 21, 33, 41, 58, 60  
drumlin 86  
duna 73, 83 [G]

## E

ecuador 90  
edad de hielo 13, 86  
El Niño 62  
elementos nativos 22  
Eón Precámbrico 10, 15, 110  
epicentro 78  
EROSIÓN 26, **72**, **74**, 80, 86  
EROSIÓN GLACIAL **86**  
ERUPCIONES VOLCÁNICAS 38, 40, **42**  
escala (mapa) 96  
escala de Mohs 23  
escala de Richter 47  
escarcha 73, 75  
escudo 110

estalactita 77  
estalagmita 77  
estratigrafía 14  
Estrecho de Gibraltar 116  
estuario 52, 83  
EUROPA 32, 34, 36, 110, 116

## F

facies 24  
falla 32, 46, 55, 79 [G]  
Falla de San Andrés 32, 46  
Filipinas 33, 39, 41, 119  
fiordo 82, 117  
fisura, grieta 85  
flujo de lodo 75  
flujo de tierra 75  
FONDO MARINO **58**, 60, 102  
Fosa de las Marianas 57, 61  
FOSA OCEÁNICA 57, 59, **60**  
fósil 14, 28 [G]  
fotografía aérea 95, 102  
fuerza de Coriolis 63  
fumarola 38, 45

## G

GÉISERES 38, **44**  
GEOLÓGICA, ESCALA DE TIEMPO **10**  
GEOLÓGICO, TIEMPO **10**, **12**, **14** [G]  
GEOMAGNETISMO **20**  
GLACIARES 53, 55, 73, **84**, 86  
grafito 22, 25  
Gran Barra de Coral 121  
Gran Cañón 74, 113  
Gran Cordillera Divisoria 81, 121  
Gran Valle del Rift 33, 123  
Grandes Lagos 54, 113  
granito 22, 29  
grava 28  
Greenwich 90, 107  
Groenlandia 34, 87, 113

## H

Hawai 29, 39, 41, 65, 67, 104  
hemisferios 90  
hielo 84, 87  
Himalayas 15, 33, 37, 79, 81, 119  
hipocentro 47  
Hokkaido 105  
homo sapiens 13  
horst 79  
Huang He 54, 119  
humos negros 60  
HUSOS HORARIOS **106**

## I

iceberg 87  
India 32, 37, 107, 118  
intrusión 27  
isla 59, 116, 119, 120  
Islandia 41, 44, 60  
isostasia 81

## J

Japón 41, 67, 105, 119

## K

kettle 86

## L

lacolito 39  
Lago Baikal 54, 119  
Lago Superior 54, 113  
Lago Tanganica 54, 123  
Lago Titicaca 115  
Lago Victoria 54, 122  
LAGOS 42, 54, 85, 86  
laguna 43, 82  
lapies 76  
lapilli 39  
latitud 90  
lava 9, 21, 38, 42  
leyenda (mapa) 97  
línea de cambio de fecha 107  
líneas de contorno 98  
litosfera 19, 32  
longitud 90  
longitud de onda 65, 66  
Luna 68  
llano 53  
llanura abisal 59  
lluvia 73, 75, 76

## M

Macizo de Vinson 111  
Madagascar 123  
magma 21, 27, 33, 38, 40, 42, 44, 79  
magnitud 47  
manantial de aguas termales 45  
manto 18, 27, 38, 49  
mapa de base 95  
MAPA FÍSICO **98**  
mapa geográfico 94, 96, 98, 100  
mapa meteorológico 101  
MAPA TEMÁTICO **100**  
MAPA TOPOGRÁFICO **98**, 105  
MAPAS **92**, **94**, **96**, **98**, **100**  
Mar Caspio 54, 56, 118  
Mar de Aral 54, 118



Mar de Tasmania 57, 121  
Mar Mediterráneo 37, 57, 116  
Mar Muerto 56, 118  
MAREA **68**, 82  
mares 10, 53, 56  
mármol 29  
meandro 53, 55 [G]  
Melanesia 120  
Mercator, Gerard 92  
meridiano 90, 92, 106  
mesosaurio 12, 34  
mesosfera 19  
metamorfismo 26  
Micronesia 120  
MINERALES **22**, 24, 28  
monolito 73, 120  
Mont Blanc 117  
montaña costera 78, 80  
MONTAÑAS **78**, 80, 84, 86, 110  
Montañas Rocosas 15, 80, 112  
Monte Elbrous 117  
Monte Etna 40, 117  
Monte Everest 118  
Monte Fuji 41, 119  
Monte Kilimanjaro 40, 81, 123  
Monte McKinley 112  
Monte Pinatubo 39, 41  
Monte Santa Helena 41  
Monte Vesubio 24, 20, 117  
Montes Urales 81, 117  
morrena 55, 84  
movimientos masivos 75

**N**  
nieve 84  
nivelación 94  
NORTEAMÉRICA 32, 34, 36, 110, **112**  
núcleo 18, 20, 49  
Nueva Zelanda 45, 121

**O**  
oasis 55  
OCEANÍA 110, **120**  
Océano Ártico 57  
Océano Atlántico 35, 36, 41, 57, 60  
Océano Índico 36, 57  
Océano Pacífico 40, 57, 64, 67, 120  
OCÉANOS 9, **56**, 58, 60, 62, 64, 66, 68  
OLAS **64**, 66, 72, 83  
ONDAS SÍSMICAS 47, **48**  
oro 22, 25  
orogénesis 78

oxígeno 15, 18  
**P**  
Pangea 12, 15, **34**, 36  
paralelo 90, 92  
Parque Nacional de Yellowstone 44  
pendiente continental 58  
penillanura 74  
Periodo Cambriano 10, 15  
Periodo Cretáceo 13, 15  
Periodo Cuaternario 13, 15  
Periodo Devoniano 11, 15  
Periodo Jurásico 12, 15  
Periodo Ordoviciano 10, 15  
Periodo Permiano 12, 15  
Periodo Terciario 13, 15  
pico 86 [G]  
piedras preciosas 22, 25  
placa continental 40, 58, 59, 78  
placa convergente 32  
placa de transformación 32  
placa divergente 32  
placa litosférica 46  
placa oceánica 41, 58, 78  
plata 22, 25  
plataforma continental 40, 59, 78  
playa 83  
Polinesia 120  
Polo norte 90  
polo norte magnético 20  
Polo sur 90, 111  
polos 20, 90, 111  
primavera 45, 53  
PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA **92**  
punto geodésico 94

**R**  
radar 102, 104  
Radarsat 104  
radiación 103  
reflectancia 103  
relieve 60, 72, 74, 78, 89, 98 [G]  
resaca 65, 67  
resolución 105 [G]  
resurgencia 77  
ría 83  
rift 59, 60  
Río Amazonas 54, 115  
Río Mississippi 54, 113  
Río Nilo 54, 123  
Río Ob 54, 118  
Río Paraná 54, 115  
Río Volga 117

Río Yangtsé 54, 119  
Río Yeniseyskiy 54, 119  
RÍOS **52**, 54, 72  
Roca Ayers 120  
roca de sedimentos 26, 28  
roca ígnea 27, 29  
roca magmática 29  
roca metamórfica 27, 29  
ROCAS 22, **26**, 28, 78  
rosa de los vientos 97

**S**  
sal 28, 56  
salinidad 56 [G]  
SATÉLITES 103, **104**  
sedimentación 26  
sedimentos 26, 53, 58, 72, 82 [G]  
serac 85  
Siberia 118  
Sierra Nevada 80  
signatura espectral 103  
Siluro 11, 15  
símbolos cartográficos 96, 100  
sismógrafo 48  
sismograma 49  
sistema solar 8  
Sol 8, 68, 90, 106  
solsticio 90 [G]  
sonar 102  
SRTM 105  
subducción 32, 40, 58, 78  
subsuelo 22  
SUDAMÉRICA 34, 36, 110, **114**

**T**  
TECTÓNICA DE PLACAS **32**, 36  
teodolito 94  
termoclina 56  
TERREMOTOS **46**, 48, 67  
TIEMPO GEOLÓGICO **10**, **12**, **14** [G]  
Tiempo universal 107  
TIERRA, COMPOSICIÓN DE **18**  
TIERRA, FORMACIÓN DE **8**  
Tierra, rotación de 63, 69  
TRANSBORADADORES **104**  
triangulación 94  
tributario 52  
Trópico de Cáncer 90  
Trópico de Capricornio 90  
TSUNAMIS **66**

**UVWYZ**  
ultrasonido 103 [G]  
valle 52, 74, 84, 86

valle colgante 86  
Valle de la Muerte 112  
vapor 44  
Vía Láctea 8  
VIDA 9, 10 12  
viento 62, 64, 73  
vientos alisios 62 [G]  
volcán Krakatoa 40, 119  
VOLCANES 27, 38, 40, 42, 55, 59, 78, 116, 119, 123  
VULCANISMO 40  
Wegener, Alfred 34  
yeso 28  
zona de sombra 49



# Créditos de las fotografías

## Tectónica y vulcanismo

pág. 39

**Pinatubo:** Ed Wolfe, United States Department of the Interior, USGS, David A. Johnston Cascades Volcano Observatory, Vancouver, Washington

**Kilauea:** Douglas Peebles/CORBIS/Magma

pág. 44

**Old Faithful:** William A. Bake/CORBIS/Magma

pág. 46

**Falla de San Andrés:** Kevin Schafer/CORBIS/Magma

**Los Ángeles:** EQE International, Inc.

## Aguas y mares

pág. 62

**Corriente del Golfo:** Grupo de detección remota oceánica, John Hopkins University, Laboratorio de Física Aplicada

pág. 65

**Playa Ohahu:** Rick Doyle/CORBIS/Magma

pág. 68

**Bahía de Fundy:** Scott Walking Adventure

## El paisaje evolutivo

pág. 73

**Monolito:** Joel W. Rogers/CORBIS/Magma

pág. 74

**Gran Cañón:** David Muench/CORBIS/Magma

pág. 77

**Cueva del Mamut:** David Muench/CORBIS/Magma

pág. 80

**Apalaches:** William A. Bake/CORBIS/Magma

pág. 81

**Alpes:** Nathan Benn/CORBIS/Magma

## Representaciones de la Tierra

pág. 95

### **Fotografías aéreas:**

© Her Majesty the Queen in Right of Canada, reproducidas de la colección de la National Air Photo Library de Recursos naturales del Canadá.

pág. 102

**Nadar:** Hulton-Deutsch Collection/CORBIS/Magma

**Radar:** CCRS/  
www.ccrs.nrcan.gc.ca  
**Sonar:** USGS

pág. 103

**Vegetación sana y enferma:** Felix Kogan/NOAA/NESDIS

pág. 104

**Hawái:** Radarsat Images © 1996. Cortesía de la Agencia Espacial de Canadá. Adquiridas por CSA. Recibidas por CCRS. Procesadas por RSI.

pág. 105

**Hokkaido:** Cortesía de NASA/JPL/Caltech

pág. 107

**Greenwich:** Museo Marítimo Nacional. Londres

## Los continentes

pág. 111

### **Ross Ice Shelf:**

Dr. John Anderson, Rice University, Dept. de Geología y Geografía

pág. 112

**Monte McKinley:** Richard Hamilton Smith/CORBIS/Magma

**Death Valley:** Liz Hymans/CORBIS/Magma

pág. 113

**Canal de Panamá:** Danny Lehman/CORBIS/Magma

pág. 114

**Andes:** Wolfgang Kaehler/CORBIS/Magma

pág. 115

**Cataratas del Ángel:** James

Marshall/CORBIS/Magma

pág. 117

**Mont Blanc:** Michelle Busselle/CORBIS/Magma

**Vesubio:** Tiziana y Gianni Baldizzone/CORBIS/Magma

pág. 119

### **Monte Everest:**

WildCountry/CORBIS/Magma

**Fujiyama:** Earl y Nazima Kowall/CORBIS/Magma

**Huang He:** Julia Waterlow; Eye Ubiquitous/CORBIS/Magma

pág. 120

**Ayers Rock:** Yann Arthus-Bertrand/CORBIS/Magma

pág. 121

**Gran Barrera de Coral:** Yann Arthus-Bertrand/CORBIS/Magma

pág. 122

**Sahara:** Tiziana y Gianni Baldizzone/CORBIS/Magma

pág. 123

**Rift Valley:** Wolfgang Kaehler/CORBIS/Magma

**Nilo:** Nik Wheeler/CORBIS/Magma

**Kilimanjaro:** Sharna Balfour; Gallo Images/CORBIS/Magma





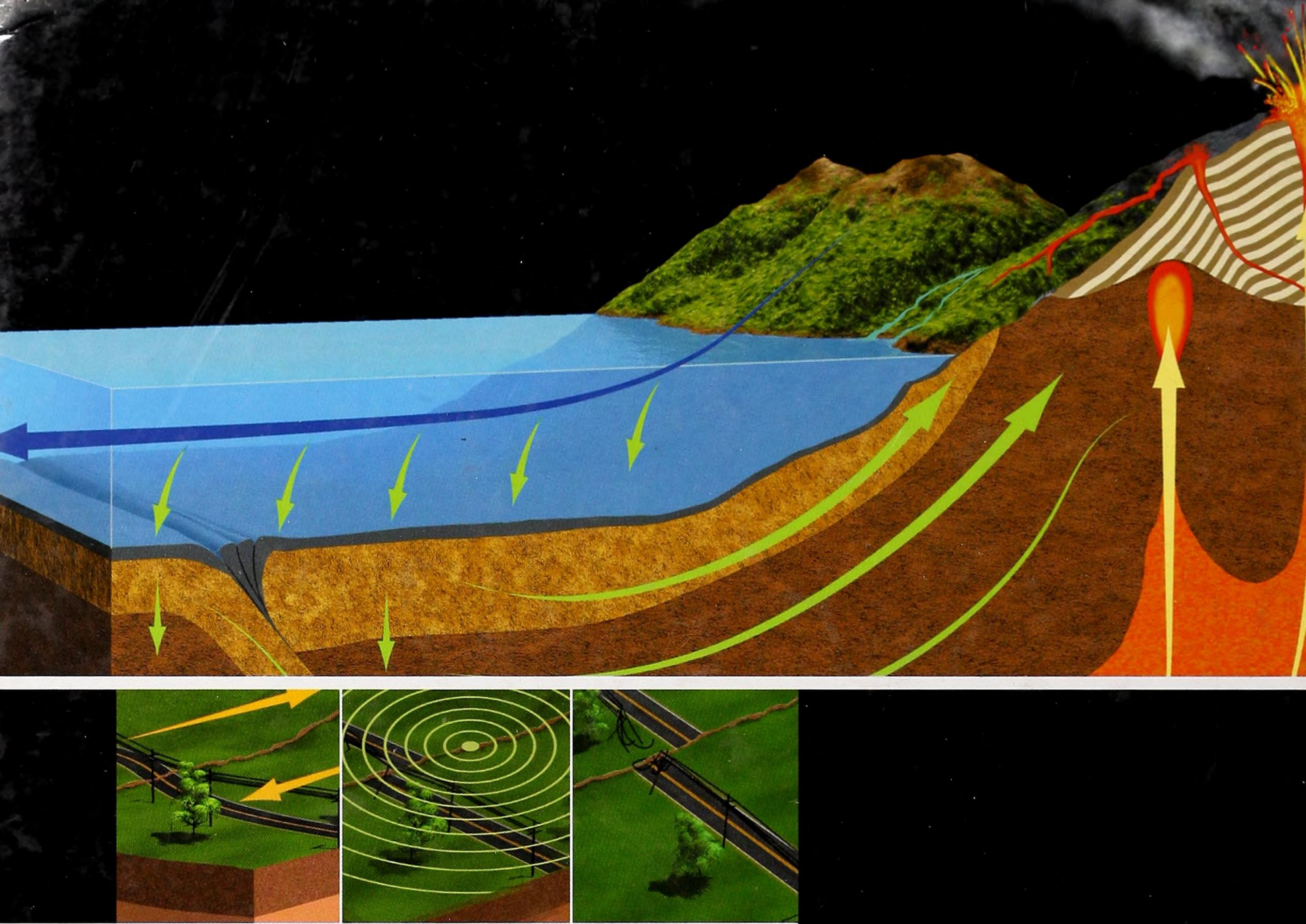












Nacida de una nube de polvo espacial hace 4,6 miles de millones de años, la Tierra se ha transformado constantemente a lo largo de su historia haciéndose cada vez más compleja.

Con el apoyo de un interesante contenido visual que incluye imágenes digitales y otras tomadas por satélite, así como fotografías y mapas, *Para comprender la Tierra* le invita a realizar un fascinante recorrido alrededor de nuestro planeta. La presente obra responde a innumerables preguntas desde la formación de los fósiles hasta las más modernas técnicas de cartografía.

Para comprender la Tierra, el lector debe entender la ciencia

PUBLICACIONES  
**CITEM**

ISBN 970-656-647-3



7 52435 03643 6